



**TUGAS AKHIR - MN 141581**

**DESAIN *SELF-PROPELLED SPLIT HOPPER BARGE*  
(SPSHB) PENGANGKUT PASIR UNTUK LANDASAN PACU  
PROGRAM BANDARA TERAPUNG KABUPATEN  
BULELENG, BALI**

**Aditya Permana Putra  
NRP 4113100001**

**Dosen Pembimbing  
Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2017**





**TUGAS AKHIR - MN 141581**

**DESAIN *SELF-PROPELLED SPLIT HOPPER BARGE*  
(SPSHB) PENGANGKUT PASIR UNTUK LANDASAN PACU  
PROGRAM BANDARA TERAPUNG KABUPATEN  
BULELENG, BALI**

**Aditya Permana Putra  
NRP 4113100001**

**Dosen Pembimbing  
Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2017**



**FINAL PROJECT - MN 141581**

**DESIGN OF SAND-CARRYING SELF-PROPELLED SPLIT  
HOPPER BARGE (SPSHB) FOR RUNWAY OF FLOATING  
AIRPORT PROGRAM AT BULELENG REGENCY, BALI**

**Aditya Permana Putra  
NRP 4113100001**

**Supervisor  
Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.**

**DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE  
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2017**

## LEMBAR PENGESAHAN

### **DESAIN *SELF-PROPELLED SPLIT HOPPER BARGE* (SPSHB) PENGANGKUT PASIR UNTUK LANDASAN PACU PROGRAM BANDARA TERAPUNG KABUPATEN BULELENG, BALI**

#### **TUGAS AKHIR**

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal  
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**ADITYA PERMANA PUTRA**  
NRP 4113100001

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing



Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.  
NIP 19681212 199402 2 001

Mengetahui,  
Kepala Departemen Teknik Perkapalan



Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.  
NIP 19640210 198903 1 001

SURABAYA, 18 JULI 2017

## LEMBAR REVISI

### **DESAIN *SELF-PROPELLED SPLIT HOPPER BARGE* (SPSHB) PENGANGKUT PASIR UNTUK LANDASAN PACU PROGRAM BANDARA TERAPUNG KABUPATEN BULELENG, BALI**

#### **TUGAS AKHIR**

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir  
Tanggal 05 Juli 2017

Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal  
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**ADITYA PERMANA PUTRA**  
NRP 4113100001

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:


1. Dedi Budi Purwanto, S.T., M.T.

  
.....

2. Hasanudin, S.T., M.T.

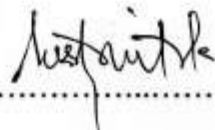
  
.....

3. Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.

  
.....

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.

  
.....

SURABAYA, 18 JULI 2017

Dipersembahkan kepada kedua orang tua atas segala dukungan dan doanya

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas karunianya Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

Pada kesempatan ini Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu penyelesaian Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktu dan ilmu, serta senantiasa memberikan arahan dan masukan selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini;
2. Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D. selaku Kepala Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS;
3. Hasanudin, S.T., M.T. selaku Kepala Laboratorium Desain Kapal Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS;
4. Septia Hardy Sujatanti, S.T., M.T. selaku Dosen Wali;
5. Keluarga Penulis, Sudaryati, Triyatmanto, Maharani Pratiwi, keluarga besar HIMATEKPAL, yang telah banyak membantu selama proses perkuliahan;
6. Saudara-saudari P-53 (SUBMARINE), teman seangkatan, sepenanggungan, seperjuangan;

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Surabaya, Juli 2017

Aditya Permana Putra



**DESAIN *SELF-PROPELLED SPLIT HOPPER BARGE* (SPSHB)  
PENGANGKUT PASIR UNTUK LANDASAN PACU PROGRAM  
BANDARA TERAPUNG KABUPATEN BULELENG, BALI**

Nama Mahasiswa : Aditya Permana Putra  
NRP : 4113100001  
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan  
Dosen Pembimbing : Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.

**ABSTRAK**

Bali merupakan destinasi wisatawan domestik maupun mancanegara. Bandara I Gusti Ngurah Rai merupakan pintu gerbang udara dan satu-satunya di Bali. Kepadatan kapasitas Bandara I Gusti Ngurah Rai meningkat setiap tahunnya yaitu 74.70 % pada tahun 2015 dan 87.05 % pada tahun 2016. Pemerintah Bali mempunyai 11 rencana strategis untuk mengatasi masalah tersebut, satu di antaranya adalah pembangunan Bandara Terapung di Kabupaten Buleleng, Bali Utara. Lokasi tersebut dipilih demi terciptanya pemerataan pembangunan antara Bali selatan dan Bali Utara. Pembangunan itu ditafsir membutuhkan material pasir sebanyak 19-20 juta m<sup>3</sup> yang diperoleh dari Pulau Lombok. Untuk memindahkan material tersebut dibutuhkan kapal yang didesain khusus. Jenis kapal yang dipilih adalah jenis *Self-Propelled Split Hopper Barge* (SPSHB) karena jenis kapal ini memiliki waktu bongkar muatan yang cepat. Metode penelitian yang digunakan untuk mendapatkan ukuran utama SPSHB yang optimum adalah metode *optimization design approach* dengan bantuan fitur *solver* pada program *Microsoft Excel* dengan menjadikan biaya pembangunan paling minimum sebagai fungsi objektif serta adanya batasan-batasan dari regulasi dan persyaratan teknis yang berlaku. Dari proses optimisasi, di dapatkan hasil ukuran optimum SPSHB adalah L=58.81 m, B=13.29 m, H=4.65 m, T=3.51 m dengan estimasi biaya pembangunann sebesar 1.979.616,87 USD atau setara dengan Rp.26.560.500.000.

Kata kunci: Bandara terapung, bali, kabupaten buleleng, lombok, pasir, *self-propelled split hopper barge* (SPSHB)

# **DESIGN OF SAND-CARRYING SELF-PROPELLED SPLIT HOPPER BARGE (SPSHB) FOR RUNWAY OF FLOATING AIRPORT PROGRAM AT BULELENG REGENCY, BALI**

Author	: Aditya Permana Putra
ID No.	: 4113100001
Dept. / Faculty	: Naval Architecture / Marine Technology
Supervisor	: Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.

## **ABSTRACT**

Bali is a destination for domestic and foreign tourists. Ngurah Rai Airport is the only air gateway in Bali. The density of tourist in Ngurah Rai Airport increases every year around 74.70% in 2015 and 87.05% in 2016. Bali's local government has 11 strategic plan to overcome this problem. One of those plans is the construction of a floating airport in Buleleng Regency, North Bali. This location was chosen in order to diminish the gap of development between South Bali and North Bali. This construction requires sand materials, estimated from 19-20 million m<sup>3</sup>, sent from Lombok. Therefore, a special vessel to ship those materials is needed. The type of vessel selected is Self-Propelled Split Hopper Barge (SPSHB), considering the unloading time of this vessel does not take a long time. To obtain an optimum main dimension of the SPSHB, optimisation design approach with the aid of solver feature from Microsoft Excel is used, making the least building cost as an objective function, along with the limitation from the regulation and technical requirements applied. The main dimension obtained from the optimisation process are  $L = 58.81$  m,  $B = 13.29$  m,  $H = 4.65$  m,  $T = 3.51$  m with the building cost estimation of 1.979.616,87 USD or Rp.26.560.500.000.

Keywords: Floating airport, bali, buleleng regency, lombok, sand, *self-propelled split hopper barge* (SPSHB)

# DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
HALAMAN PERUNTUKAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR SIMBOL .....	xiii
Bab I PENDAHULUAN .....	1
I.1.    Latar Belakang Masalah.....	1
I.2.    Perumusan Masalah.....	2
I.3.    Tujuan.....	2
I.4.    Batasan Masalah.....	3
I.5.    Manfaat.....	3
I.6.    Hipotesis.....	3
Bab II STUDI LITERATUR .....	5
II.1.    Dasar Teori.....	5
II.1.1.    Bandara Terapung.....	5
II.1.2.    Material Pembangunan .....	5
II.1.3.    Tongkang ( <i>Barge</i> ) .....	6
II.1.4. <i>Self-Propelled Barge</i> .....	9
II.1.5.    Pemilihan Jenis Kapal .....	10
II.1.6.    Desain Kapal.....	12
II.1.7.    Tahapan Desain Kapal.....	13
II.1.8.    Metode Desain .....	14
II.1.9. <i>Generalized Reduced Gradient Method (GRG)</i> .....	16
II.1.10.    Perhitungan Teknis Desain Kapal .....	18
II.1.10.1.    The Geosim Procedure .....	18
II.1.10.2.    Rasio Ukuran Utama dan Koefisien .....	20
II.1.10.3.    Hambatan Kapal .....	21
II.1.10.4.    Daya Pengerak Kapal .....	27
II.1.10.5.    Berat dan Titik Berat Kapal.....	30
II.1.10.6.    Lambung Timbul Kapal .....	37
II.1.10.7.    Stabilitas Kapal.....	39
II.1.10.8.    Trim Kapal.....	41
II.1.11.    Perhitungan Pembangunan Kapal.....	42
II.1.12.    Proses Bongkar Muat .....	44
II.1.13. <i>Layout Awal</i> .....	46
II.2.    Tinjauan Pustaka .....	47
II.2.1.    Tugas Akhir .....	47
II.2.2.    Jurnal .....	47
II.2.3.    Peraturan Klasifikasi.....	48

II.3.	Tinjauan Wilayah .....	48
Bab III	METODOLOGI .....	51
III.1.	Metode.....	51
III.2.	Langkah Pengerjaan .....	52
III.2.1.	Pengumpulan Data.....	52
III.2.2.	Pembuatan Spreadsheet Penentuan Ukuran Utama Awal .....	53
III.2.3.	Pembuatan Spreadsheet Perhitungan Teknis .....	53
III.2.4.	Pembuatan Spreadsheet Perhitungan Ekonomis .....	53
III.2.5.	Perhitungan Optimisasi Ukuran Utama .....	53
III.2.6.	Pembuatan Rencana Garis .....	54
III.2.7.	Pembuatan Gambar Rencana Umum.....	55
III.2.8.	Pembuatan Permodelan 3D .....	55
Bab IV	ANALISIS TEKNIS <i>SPLIT HOPPER BARGE</i> .....	57
IV.1.	Desain <i>Statement</i> .....	57
IV.2.	Skema Bongkar Muat .....	58
IV.3.	Sistem Kecedapan Kapal .....	59
IV.4.	Pinch Point .....	60
IV.5.	Sistem Perpipaan SPSHB.....	60
IV.6.	Penentuan Batasan Ukuran Utama.....	61
IV.7.	Proses Model Optimisasi SPSHB .....	63
IV.7.1.	Penentuan Variable Model Optimisasi SPSHB.....	63
IV.7.2.	Penentuan Batasan Model Optimisasi SPSHB .....	63
IV.7.3.	Penentuan <i>Objective Function</i> .....	65
IV.7.4.	<i>Running</i> Model Iterasi <i>Solver</i> .....	65
IV.8.	Analisis Terhadap Hasil Optimisasi SPSHB.....	68
IV.8.1.	Analisis Rasio dan Koefisien.....	68
IV.8.2.	Analisis Hambatan Kapal .....	70
IV.8.3.	Analisis Kebutuhan Daya Mesin Induk.....	71
IV.8.4.	Analisis Pemilihan Mesin Induk.....	73
IV.8.5.	Analisis Ruang Muat .....	75
IV.8.6.	Analisis Berat dan Titik Berat Kapal.....	76
IV.8.7.	Analisis <i>Freeboard</i> Kapal .....	85
IV.8.8.	Analisis Stabilitas Kapal.....	86
IV.8.9.	Analisis Trim Kapal .....	90
IV.8.10.	Pembuatan Rencana Garis .....	90
IV.8.11.	Pembuatan Rencana Umum .....	93
IV.8.12.	Permodelan 3 Dimensi .....	96
Bab V	ANALISIS EKONOMIS BIAYA PEMBANGUNAN.....	99
Bab VI	KESIMPULAN DAN SARAN .....	103
VI.1.	Kesimpulan.....	103
VI.2.	Saran.....	103
	DAFTAR PUSTAKA.....	105
	LAMPIRAN	
	LAMPIRAN A PERHITUNGAN TEKNIS DAN EKONOMIS	
	LAMPIRAN B DESAIN KAPAL	
	LAMPIRAN C KATALOG <i>MAIN ENGINE</i> , GENSET DAN <i>HYDRAULIC EXCAVATOR</i>	
	LAMPIRAN D BERITA TENTANG BANDARA TERAPUNG	
	BIODATA PENULIS	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1. <i>Split Hopper Barge Self-Unloading</i> .....	8
Gambar II.2. <i>Split-Propelled Split Hopper Barge Self-Unloading</i> .....	12
Gambar II.3. Desain Spiral .....	13
Gambar II.4. Koefisien Displasemen Berdasarkan Tipe Kapal.....	19
Gambar II.5. Skema Pembagian Daya Penggerak Kapal .....	27
Gambar II.6. Harga Koefisien <i>Deck House</i> .....	31
Gambar II.7. Estimasi Berat <i>Hatch Cover</i> .....	33
Gambar II.8. Estimasi Berat <i>Crane</i> .....	33
Gambar II.9. Pelabuhan Lembar, Lombok .....	45
Gambar II.10. <i>Hydraulic Excavator</i> .....	46
Gambar II.11. <i>Layout Awal</i> .....	47
Gambar II.12. Jalur Pelayaran Kapal SPSHB .....	48
Gambar II.13. Kedalaman Perairan Kabupaten Buleleng,Bali.....	49
Gambar III.1. Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir .....	52
Gambar IV.1. Skema Bongkar Muat .....	58
Gambar IV.2. <i>Split Hopper Barge Self-Unloading</i> .....	59
Gambar IV.3. Skema <i>Rubber Seal Self-Propelled Split Hopper barge</i> .....	59
Gambar IV.4. <i>Pinch Point</i> .....	60
Gambar IV.5. Sistem Perpipaian .....	61
Gambar IV.6. <i>Solver Parameters</i> .....	67
Gambar IV.7. Sketsa Mesin Induk .....	74
Gambar IV.8. Bentuk Penampang Melintang <i>Hopper</i> yang Direncanakan .....	76
Gambar IV.9. Pandangan Atas Perencanaan Tangki pada <i>Maxsurf Stability Enterprise</i> .....	88
Gambar IV.10. <i>Density Maxsurf Stability Enterprise</i> .....	88
Gambar IV.11. Proses Penyesuaian <i>Frame of Reference</i> Pada <i>Software Maxsurf</i> .....	91
Gambar IV.12. Proses Pembentukan Lambung Kapal SPSHB.....	92
Gambar IV.13. <i>Split Position</i> SPSHB .....	96

## DAFTAR TABEL

Tabel II.1. Jenis Alat Keruk Berdasarkan Jenis Tanah.....	10
Tabel II.2. Harga $C_{\text{stern}}$ .....	24
Tabel II.3. Harga $1+k_2$ .....	25
Tabel II.4. Harga $li$ .....	29
Tabel II.5. Harga Koefisien <i>Superstructure</i> .....	31
Tabel II.6. Harga Koreksi $F_5$ Untuk Kapal Tipe B .....	38
Tabel II.7. Persentase Komponen Biaya Pembangunan Kapal .....	43
Tabel II.8. Dermaga Pelabuhan Lembar, Lombok .....	45
Tabel IV.1. Data Kapal Pembanding .....	61
Tabel IV.2. Batasan Ukuran Utama Menggunakan Metode Geosim .....	63
Tabel IV.3. Batasan Variabel Optimisasi .....	64
Tabel IV.4. Model Optimisasi .....	66
Tabel IV.5. Hasil Perhitungan Metode Iterasi <i>Solver</i> .....	67
Tabel IV.6. Rekapitulasi Rasio Ukuran Utama .....	68
Tabel IV.7. Rekapitulasi Harga Koefisien.....	68
Tabel IV.8. Kebutuhan Daya EHP .....	71
Tabel IV.9. Kebutuhan Daya DHP .....	71
Tabel IV.10. Kebutuhan Daya SHP.....	72
Tabel IV.11. Kebutuhan Daya BHP .....	72
Tabel IV.12. Kebutuhan Daya MCR .....	72
Tabel IV.13. Spesifikasi Teknis Mesin Induk .....	73
Tabel IV.14. Spesifikasi Teknis Mesin Bantu .....	75
Tabel IV.15. Berat Baja Bangunan Atas dan Rumah Geladak.....	77
Tabel IV.16. Berat Koreksi Baja Kapal.....	77
Tabel IV.17. Berat Sistem Propulsi .....	78
Tabel IV.18. Berat Peralatan dan Perlengkapan.....	79
Tabel IV.19. Berat <i>Crew and Consumables</i> .....	81
Tabel IV.20. Rekapitulasi Berat dan Titik Berat LWT .....	83
Tabel IV.21. Rekapitulasi Berat dan Titik Berat DWT .....	83
Tabel IV.22. Rekapitulasi <i>Freeboard</i> .....	85
Tabel IV.23. Rekapitulasi Stabilitas Kapal Tidak Membelah .....	89
Tabel IV.24. Rekapitulasi Stabilitas Kapal Membelah .....	89
Tabel IV.25. Rekapitulasi Trim Kapal Tidak Membelah .....	90
Tabel IV.26. Rekapitulasi Trim Kapal Membelah .....	90
Tabel IV.27. Validasi Kriteria Hidrostatik.....	93
Tabel V.1. Rekapitulasi Biaya Pembangunan Kapal.....	100

## DAFTAR SIMBOL

Loa	= length over all	[ m ]
Lpp	= length between perpendicular	[ m ]
Lwl	= length of water line	[ m ]
AP	= after perpendicular	[ m ]
FP	= fore perpendicular	[ m ]
B	= breath	[ m ]
T	= Draught	[ m ]
H	= Depht	[ m ]
Fn	= froude number	
g	= percepatan gravitasi	[m/s <sup>2</sup> ]
Cb	= block coefficient	
Cm	= midship coefficient	
Cwp	= waterplane coefficient	
Cp	= prismatic coefficient	
$\nabla$	= volume displasement	[ m <sup>3</sup> ]
$\Delta$	= displasement	[ ton ]
LWT	= light weigth tonnage	[ ton ]
DWT	= dead weigth tonnage	[ ton ]
LCG	= longitudinal centre of gravity	[ m ]
KG	= keel gravity	[ m ]
LCB	= centre of booyancy	[ m ]
KB	= titik tekan buoyancy terhadap keel	[ m ]
F	= freeboard	[ m ]
BHP	= break horse power	[ Hp ]
S	= jarak pelayaran	[ mil laut ]
V <sub>s</sub>	= kecepatan dinas	[ knot ]
Z <sub>c</sub>	= jumlah crew	
P <sub>fo</sub>	= berat bahan bakar mesin induk	[ ton]
P <sub>me</sub>	= BHP mesin induk	[ kW ]
b <sub>me</sub>	= coef pemakaian bahan bakar mesin induk	[ g/ kw.h ]
S	= jarak radius pelayaran	[ mil laut ]
V <sub>s</sub>	= kecepatan dinas	[ knot ]
C <sub>fo</sub>	= faktor cadangan	
V <sub>lo</sub>	= volume fuel oil	
$\rho$	= berat jenis benda	[kg / m <sup>3</sup> ]
P <sub>fw</sub>	= berat air tawar	[ ton]
C <sub>fw</sub>	= koefisien pemakaian air tawar	
Pp	= berat provition	[ ton ]
Cp	= koefisien kebutuhan konsumsi	
Woa	= Berat Cadangan	[ ton ]
KB	= titik tekan buoyancy terhadap keel	[ m ]
Rt	= tahanan total kapal	[ kN ]
Vs	= kecepatan kapal	[ m/s ]





# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1. Latar Belakang Masalah**

Bali merupakan destinasi wisatawan domestik dan mancanegara. Bali memiliki dua pelabuhan dan satu bandara sebagai akses pintu masuk. Akses menuju Bali melalui jalur udara menjadi pilihan wisatawan domestik dan mancanegara dibandingkan jalur laut. Hal tersebut karena kenyamanan dan waktu tempuh yang cepat bila menggunakan jalur udara.

Bandara I Gusti Ngurah Rai adalah pintu gerbang udara dari kegiatan ekonomi utama pariwisata di Indonesia dan satu-satunya pintu gerbang udara untuk Bali. Bandara Ngurah Rai memiliki kapasitas penumpang 17 juta per tahun sedangkan wisatawan tahun 2015 berjumlah 12.7 juta per tahun dan tahun 2016 berjumlah 14.8 juta per tahun (Angkasa Pura, 2016). Sehingga dari data tersebut diketahui kepadatan penumpang di Bandara I Gusti Ngurah Rai pada tahun 2015 sebesar 74,70% dan 87,05% pada tahun 2016. Kepadatan penumpang di Bandara I Gusti Ngurah Rai dapat berakibat pada aktivitas penerbangan di Bandara tersebut. Masalah yang dapat muncul adalah terjadi penundaan pendaratan pesawat karena pesawat harus berputar-putar di angkasa untuk bergantian melakukan pendaratan. Untuk mengatasi *trend* peningkatan laju pertumbuhan penumpang di Bandara I Gusti Ngurah Rai, perlu dilakukan perluasan wilayah Bandara I Gusti Ngurah Rai atau dilakukan pembangunan Bandara baru di Bali.

Bali merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang memiliki kesenjangan sosial ekonomi akibat kurang pemerataan pembangunan antara Bali Utara, Bali Barat, Bali Timur dan Bali Selatan. Sehingga Pemerintah Bali mencangkan 11 rencana strategis jangka menengah Bali dalam Rencana Kerja Strategis Badan Pengawasan Keuangan dan Pembangunan Perwakilan Provinsi Bali tahun 2015 – 2019 (Badan Pengawasan Keuangan dan Pembangunan Provinsi Bali, 2015), di mana salah satunya adalah pembangunan Bandar Terapung di Bali Utara. Rekomendasi dari Pemerintah Provinsi Bali wilayah yang akan dijadikan lokasi pembangunan Bandara Terapung adalah Kecamatan Kubutambahan, Kabupaten Buleleng, Provinsi Bali. Total lahan yang direncanakan seluas 1.400 hektare (ha) di mana 264 ha di antaranya merupakan lahan reklamasi, sedangkan lahan sisanya murni di atas laut yang tidak memungkinkan reklamasi karena kedalamannya mencapai 500 m (tempo.co, 2016).

Pembangunan tersebut ditafsir membutuhkan material pasir sebanyak 19 – 20 m<sup>3</sup> (tribunnews.com, 2016) Pasir yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan pasir tersebut adalah pasir Lombok di karenakan Lombok memiliki potensi pasir sebanyak 60 juta m<sup>3</sup> (tempo.co, 2016).

Untuk memindahkan material pasir tersebut dibutuhkan kapal kargo. Kapal kargo yang dipilih adalah kapal kargo jenis *Self-Propelled Split Hopper Barge* (SPSHB). SPSHB dipilih karena memiliki ruang muat yang cukup besar, miliki sistem penggerak dan dapat melakukan proses bongkar muatan dengan waktu yang singkat. Metode yang digunakan dalam mendesain *Self-Propelled Split Hopper Barge* (SPSHB) menggunakan metode optimisasi dengan bantuan program solver pada Microsoft Excel.

Dengan demikian dilakukan penelitian terhadap dengan dipilih penelitian (judul) untuk mendapatkan desain SPSHB yang optimal untuk mendukung pembangunan Bandara Terapung di Kabupaten Buleleng, Bali.

## **I.2. Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, beberapa permasalahan yang akan diselesaikan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana desain *Self-Propeller Split Hopper Barge* (SPSHB) yang optimal sesuai dengan karakteristik jalur pelayaran Kecamatan Kubutambahan, Kabupaten Buleleng, Bali – Lombok, NTB meliputi ukuran utama, Rencana Garis (*Lines Plan*), dan Rencana Umum (*General Arrangement*) serta Desain Bentuk 3D?
2. Bagaimana analisis ekonomis biaya pembangunan terhadap *Self-Propeller Split Hopper Barge* (SPSHB) yang optimal sesuai dengan karakteristik proyek reklamasi Teluk Benoa dan jalur pelayaran Kecamatan Kubutambahan, Kabupaten Buleleng, Bali – Pulau Lombok, NTB?
3. Bagaimana analisis proses loading dan un-loading kapal *Self-Propeller Split Hopper Barge* (SPSHB) untuk pembangunan Bandara Terapung, Bali?

## **I.3. Tujuan**

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan desain *Self-Propeller Split Hopper Barge* (SPSHB) yang optimal sesuai dengan karakteristik pembangunan bandara terapung dan jalur pelayaran Kecamatan Kubutambahan, Kabupaten Buleleng, Bali – Pulau Lombok, NTB,

meliputi ukuran utama, Rencana Garis (*Lines Plan*), dan Rencana Umum (*General Arrangement*) serta Desain Bentuk 3D.

2. Mendapatkan analisis ekonomis biaya pembangunan terhadap *Self-Propeller Split Hopper Barge (SPSHB)* yang optimal sesuai dengan karakteristik jalur pelayaran Kecamatan Kubutambahan, Kabupaten Buleleng, Bali – Pulau Lombok, NTB.
3. Mendapatkan analisis proses *loading* dan *un-loading* kapal *Self-Propeller Split Hopper Barge (SPSHB)* untuk pembangunan Bandara Terapung, Bali?

#### **I.4. Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Masalah teknis yang dibahas sebatas konsep desain.
2. Perhitungan kekuatan kapal diabaikan.
3. Muatan berupa pasir
4. Rute yang digunakan untuk studi kasus kali ini adalah perairan Kecamatan Kubutambahan, Kabupaten Buleleng, Bali – Pulau Lombok, NTB.
5. Perhitungan ekonomis hanya mencakup biaya pembangunan karena merupakan proyek Pemerintah.

#### **I.5. Manfaat**

Dari Tugas Akhir ini, diharapkan dapat diambil manfaat sebagai berikut:

1. Secara akademis, diharapkan hasil pengerjaan Tugas Akhir ini dapat membantu menunjang proses belajar mengajar dan turut memajukan khazanah pendidikan.
2. Secara praktek, diharapkan hasil dari Tugas Akhir ini dapat berguna sebagai referensi pengadaan dan desain *Self-Propeller Split Hopper Barge (SPSHB)* yang sesuai, sehingga dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam pengembangan sistem pengangkutan pasir dalam proyek reklamasi di Indonesia.
3. Menambah wawasan tentang kapal *Self-Propeller Split Hopper Barge (SPSHB)*.

#### **I.6. Hipotesis**

Desain *Self-Propeller Split Hopper Barge (SPSHB)* dapat diimplementasikan pada program pembangunan bandara apung Bali guna meningkatkan efisiensi dalam pendistribusian muatan pasir dari Pulau Lombok (NTB) menuju Kecamatan Kubutambahan, Kabupaten Buleleng, Bali dan sebaliknya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

## **BAB II**

### **STUDI LITERATUR**

#### **II.1. Dasar Teori**

##### **II.1.1. Bandara Terapung**

Bandara adalah tempat pesawat terbang diperkenankan mendarat dan berangkat langsung (KBBI, 2016). Apung adalah sesuatu yang tidak tengelam dipermukaan air (KBBI, 2016). Bandara terapung adalah suatu tempat mendarat dan berangkat kapal yang berada dilautan. Bandara Terapung merupakan salah satu masterplan dari pemerintah Indonesia untuk menunjang pertumbuhan pariwisata dan menarik wisatawan asing.

##### **II.1.2. Material Pembangunan**

Metode yang digunakan dalam pembangunan bandara terapung adalah metode urugan, metode tersebut memiliki beberapa aspek yang dipertimbangkan yaitu antara lain: jenis material, volume kebutuhan material, lokasi sumber material, waktu yang tersedia dan biaya sehingga akan berpengaruh pada metode pelaksanaan dan peralatan yang digunakan. Material yang digunakan diantaranya yaitu:

###### **1. Material Pasir**

Material urugan yang baik umumnya berupa pasir dengan kandungan pasir halus tidak melebihi 15%, Sedangkan untuk dasar tanggul dan untuk permukaan dasar tanah yang lembek, maka persyaratannya lebih baik lagi yaitu bandingan fraksi halus nya  $< 10\%$ . Analisis material diambil dari hasil pemboran dan hasilnya menunjukkan:

- Plastisitas : Sebaiknya Plastisitasnya kecil ( $< 10\%$ )
- Kohesivitas : Sebaiknya kecil ( $1,5 \text{ s/d } 5 \text{ kgf/cm}^2$ )
- Sudut geser dalam : Sebaiknya besar ( $45^\circ \text{ s/d } 50^\circ$ )
- Berat Jenis :  $\hat{A} \pm 2,6 \text{ kg/cm}^3$ .
- Permeabilitas :  $1 \times 10^{-4} \text{ cm/detik}$

###### **2. Material Batu**

Material ini terutama digunakan sebagai konstruksi perlindungan daerah yang akan direklamasi antara lain yaitu: Dengan tumpukan batu (Rubble Mound) jenis batu yang

digunakan umumnya merupakan batuan beku karena batuan ini memiliki nilai ketahanan yang tinggi terhadap proses erosi dan pelapukan.

### 3. Material Tanah

Sebagai material reklamasi tanah umumnya lebih banyak digunakan sebagai material penutup pada bagian paling atas suatu timbunan.

#### II.1.3. Tongkang (*Barge*)

Tongkang (*Barge*) adalah suatu jenis kapal yang memiliki lambung datar atau suatu kotak yang mengapung. Kapal tongkang digunakan pada perairan yang tenang dan tidak membutuhkan kecepatan yang tinggi. Pada umumnya kapal tongkang tidak memiliki sistem penggerak sendiri dan bergerak dengan bantuan kapal tunda (*tugboat*). Secara garis besar terdapat dua cara untuk menggerakkan kapal tongkang, dengan cara ditarik (*towing barge*) dan didorong (*pushing barge*). Kapal tongkang memiliki beberapa kriteria yang membedakan dengan kapal jenis lain, kapal ini hanya terdiri dari kontruksi-kontruksi tanpa ada sistem-sistem rumit. Kapal tongkang digunakan untuk mengangkut muatan-muatan dalam jumlah besar dan tahan lama seperti batu bara, kayu, pasir dll. Kapal tongkang memiliki dimensi yang lebih besar dari pada kapal umum lainnya sehingga kapal ini memiliki hambatan yang besar.

Tongkang merupakan jenis kapal yang berbeda relatif jauh dengan jenis kapal lainnya apabila dilihat dari dimensi tongkang itu sendiri. Terdapat beberapa kelebihan dan kekurangan tongkang, diantaranya:

- Kelebihan
  1. Memiliki bentuk lambung yang tidak rumit sehingga dapat memudahkan dalam proses pembangunan produksi.
  2. Bentuk yang besar memiliki kestabilan melintang yang bagus.
  3. Dapat digunakan pada perairan yang rendah.
  4. Memiliki Cb yang besar sehingga gaya angkat besar.
- Kekurangan
  1. Kemampuan olah gerak (*maneuver*) kurang bagus.
  2. Memiliki hambatan yang sangat besar.
  3. Energi dari sistem penggerak yang dibutuhkan lebih besar.
  4. Tidak memiliki sistem penggerak sendiri.

Tongkang memiliki karakteristik yang dapat menampung muatan dalam skala besar, proses pembangunan yang lebih mudah, dan biaya produksi yang lebih rendah dari kapal jenis

lain, oleh karena itu belakangan ini makin berkembangnya inovasi dalam desain dan pemanfaatan tongkang. Menurut (Robert Allan Ltd. Naval Architects and Marine Engineers, 2014) tongkang sendiri umumnya digunakan untuk mengangkut muatan seperti kargo, muatan curah (pasir, batu bara, batu kerikil), kayu, minyak dan peti kemas, namun seiring berkembangnya zaman, terdapat beberapa jenis tongkang yang saat ini digunakan di dunia niaga berdasarkan fungsi dan muatannya, diantaranya adalah:

1. *Deck Cargo Barges*, merupakan jenis tongkang yang paling banyak digunakan, yang dapat difungsikan sebagai pengangkut muatan curah dan kargo. Kapal ini juga sering disebut *accommodation barge*.
2. *Self-Unloading Barges*, merupakan jenis tongkang yang memiliki peralatan bongkar muat sendiri di atas kapal, biasa digunakan untuk muatan semen, pasir, dan kerikil.
3. *Log Barges*, merupakan jenis tongkang yang difungsikan untuk mengangkut muatan kayu dan umumnya memiliki *crane* di sisi kapal untuk membantu proses bongkar muat.
4. *Covered Barges*, merupakan jenis tongkang yang dilengkapi dengan penutup kedap pada bagian atas ruang muat, hal ini ditujukan untuk pemuatan barang yang membutuhkan perlindungan dari cuaca luar.
5. *Sectional Barges*, merupakan jenis tongkang yang paling sederhana yang menyerupai ponton yang biasa digunakan sebagai media bantu untuk mengapungkan alat berat seperti mobil keruk untuk membantu proses pengerukan.
6. *Fuel Station Barges*, merupakan jenis tongkang yang berfungsi sebagai stasiun pengisian bahan bakar bagi kapal-kapal seperti kapal pribadi dan *workboat*.
7. *Spud Barges*, merupakan jenis tongkang yang memiliki tiang pancang di beberapa sisinya yang bertujuan agar tongkang dapat diam ditempat dan tidak terbawa arus.
8. *Crane Barges*, merupakan jenis tongkang yang digunakan untuk mengangkut *crane* di atasnya, pada umumnya tongkang jenis ini memiliki *spud* sebagai tiang pancang.
9. *Hopper Barges*, merupakan jenis tongkang yang dipergunakan untuk menampung lumpur dan dobpngar melalui pintu alas yang dapat terbuka.
10. *Split Hopper Barges*, merupakan jenis tongkang yang dapat melakukan proses bongkar muatan sendiri (*Self-Unloading*) dengan cara membuka lambung dan menumpahkan muatan kedalam laut. Pada Gambar II.1. terlihat kapal SPB melakukan proses *Self-Unloading*



Gambar II.1. *Split Hopper Barge Self-Unloading*

Sumber: <http://www.google.photos.com>, 2016

11. *Chip Scows*, merupakan jenis tongkang yang digunakan untuk mengangkut muatan curah seperti pasir, hanya saja jenis ini memiliki dinding ruang muat yang lebih tinggi.
12. *Chemical Barges*, merupakan jenis tongkang yang mempunyai fungsi untuk mengangkut muatan cairan kimia curah di dalam tangki.
13. *Ro-Ro Trailer Barges*, merupakan jenis tongkang yang memiliki fungsi untuk mengangkut muatan berupa kendaraan yang memiliki *ramp door* sebagai akses keluar masuk dari kendaraan yang diangkut.
14. *Rail Car Barges*, hampir menyerupai *Ro-Ro Trailer Barges* yang berfungsi untuk mengangkut kendaraan, namun terdapat perbedaan pada jenis ini yang memiliki jalur setiap kendaraan.
15. *Container Barges*, merupakan jenis tongkang yang memiliki fungsi untuk mengangkut peti kemas. Terdapat beberapa tongkang pada jenis ini yang memiliki alat bongkar sendiri berupa *crane*
16. *Dredger Barge*, merupakan jenis tongkang yang memiliki sistem pengerukan. Kapal tongkang ini digunakan untuk mengeruk pelabuhan.
17. *Liquifield Gas Barge*, merupakan jenis tongkang yang memuat muatan gas yang dicairkan seperti LNG, LPG dll. Ruang muat pada kapal tongkang ini berupa tangka-tangki gas yang disusun disepanjang kapal.



#### II.1.4. *Self-Propelled Barge*

Akhir-akhir ini marak dikembangkan berbagai inovasi mengenai tongkang berpenggerak sendiri atau *Self-Propelled Barge (SPB)*. Terdapat beberapa perbedaan umum antara SPB dengan tongkang, diantaranya SPB telah dilengkapi oleh bangunan atas (*Superstructure*) yang terdiri dari tempat akomodasi para ABK, permesinan, sistem kemudi, sistem penggerak, serta perlengkapan dan peralatan. SPB biasa digunakan pada perairan yang tenang dan tidak memerlukan kecepatan yang tinggi. (Tabaczek, 2007) menjelaskan bahwa kapal tongkang yang beroperasi di sungai *inland waterway* dan perairan tenang pada umumnya hanya memiliki kecepatan kapal antara 10-15 km/jam. Sedangkan (Briggs Marine and Environmental Services, 2014) menjelaskan SPB dapat disebut sebagai perpaduan antara kapal tongkang dan kapal konvensional, hal ini terlihat dari bentuk lambung bagian tengah yang hampir kotak menyerupai tongkang, tetapi pada bagian haluan dan buritan memiliki bentuk yang menyerupai kapal konvensional.

SPB memiliki beberapa jenis sesuai dengan kegunaannya. Adapun jenis-jenis dari SPB yang dibedakan sesuai dengan muatan yang diangkut, seperti di bawah ini:

1. *Self-Propelled Deck Barges*, merupakan tongkang berpenggerak sendiri yang memiliki geladak untuk mengangkut berbagai macam jenis barang.
2. *Self-Propelled Oil Barge*, merupakan tongkang berpenggerak sendiri yang berfungsi untuk membawa muatan minyak cair yang disimpan pada tangki ruang muat.
3. *Self-Propelled Urea Barge*, merupakan tongkang berpenggerak sendiri yang membawa muatan berupa pupuk urea secara curah dengan keadaan atap ruang muat tertutup.
4. *Self-Propelled Container Barge*, merupakan tongkang berpenggerak sendiri yang mempunyai fungsi untuk mengangkut muatan peti kemas.
5. *Self-Propelled Cement Barge*, merupakan tongkang berpenggerak sendiri yang berfungsi untuk mengangkut muatan semen curah dengan struktur atap ruang muat tertutup dan kedap air.
6. *Self-Propelled Car Barges*, merupakan tongkang berpenggerak sendiri yang memiliki peranan untuk membawa kendaraan, SPB jenis ini memiliki *ramp door* yang berfungsi sebagai pintu pada proses bongkar muat kendaraan.
7. *Self-Propelled Covered Barges*, merupakan tongkang berpenggerak sendiri yang memiliki ruang muat yang tertutup dibagian atasnya, guna menjaga kontaminasi terhadap muatan dari cuaca luar.

8. *Self-Propelled Crane Barges*, merupakan tongkang berpengerak sendiri yang terdapat *crane* di atas geladaknya.
9. *Self-Propelled Hopper Barges*, merupakan tongkang berpengerak sendiri yang memiliki fungsi sebagai pengangkut muatan curah seperti pasir dan hasil tambang. SPB ini memiliki kemiringan pada dasar ruang muatnya.
10. *Self-Propelled Split Hopper Barge*, merupakan tongkang berpengerak sendiri yang memiliki fungsi sebagai pengangkut batu, lumpur, pasir dll
11. *Self-Propelled Log Barges*, merupakan tongkang berpengerak sendiri yang memiliki muatan berupa batangan kayu gelondongan.

#### II.1.5. Pemilihan Jenis Kapal

Pemilihan jenis kapal dan kapasitas kapal keruk ditentukan oleh:

- a. Maksud dan tujuan dilakukan pengerukan (pemeliharaan kedalaman alur/kolam pelabuhan dan pembuatan alur/kolam pelabuhan);
- b. Kedalaman awal alur atau kolam;
- c. Lokasi pekerjaan;
- d. Jenis material keruk (pasir, lumpur, tanah liat/*clay* dan karang);
- e. Volume Keruk;
- f. Jarak ke area pembuangan (Jaelani, 2016)

Pemilihan kapal keruk harus disesuaikan dengan jenis material dasar yang dikeruk sebagaimana pada Tabel II.1 dibawah ini:

Tabel II.1. Jenis Alat Keruk Berdasarkan Jenis Tanah

JENIS TANAH			JENIS ALAT KERUK				
Klasifikasi	Keadaan	N	<i>Pump Dredger</i>	<i>Hopper Dredger</i>	<i>Grab Rock Dredger</i>	<i>Bucket Dredger</i>	<i>Dipper Dredger</i>
Tanah Lempung	Sangat Lunak	<4	√	√	√	√	
	Lunak	4	√	√	√	√	
	Sedang	10	√	√	√	√	
	Keras	10	√		√	√	
	Lebih keras	20	√		√	√	√
	Sangat keras	20	√		√	√	√
	Lunak	<10	√	√	√	√	

<b>Tanah</b> <b>Kepasiran</b>	Sedang	10	√	√	√	√
	Keras	20	√	√	√	√
	Lebih keras	20	√		√	√
<b>Lempung</b> <b>Berkrikil</b>	Lunak	<30	√	√	√	√
	Keras	>30	√	√	√	√
<b>Kepasiran</b> <b>Berkerikil</b>	Lunak	<30	√		√	√
	Keras	>30	√		√	√
<b>Batu</b>	Sangat Lunak	40	√		√	√
	Lunak	50	√		√	√
	Sedang	50	√		√	√
	Keras	60	√		√	
	Lebih Keras	60	√		√	
	Sangat Keras	60	√		√	
<b>Kerikil</b>	Lepas		√		√	
	Menyatu				√	√

Sumber: Direktorat Pelabuhan dan Pengerukan, 2006

Dari keterangan diatas maka dipilih kapal *Self-Propelled Split Hopper Barge (SPSHB)*. SPSHB merupakan jenis kapal tongkang yang memiliki sistem penggerak sendiri yang dirancang untuk mengangkut muatan pasir, batu atau lumpur yang di tujukan untuk kepentingan reklamasi. SPSHB merupakan perpaduan antara *Split Barge* dan *Self-Propelled Hopper Barge*. Dimana kapal tersebut dapat menuangkan muatan seperti kapal *Split Barge* dan dapat membawa sendiri muatan dari tempat asal seperti *Self-Propelled Hopper Barge*. SPSHB saat ini mulai marak digunakan sebagai moda transportasi pengangkut muatan untuk reklamasi di Indonesia. Hal itu terjadi karena Indonesia sedang gencar-gencarnya melakukan pembangunan di sejumlah pesisir. Pada Gambar II.2 terlihat bahwa *Self-Propelled Split Hopper Barge Self-Unloading*.



Gambar II.2. *Split-Propelled Split Hopper Barge Self-Unloading*

Sumber: <http://www.google.photos.com>, 2016

#### II.1.6. Desain Kapal

Desain adalah proses untuk membuat dan menciptakan obyek baru atau memodifikasi suatu obyek. Dalam hal ini desain kapal dapat diartikan sebagai proses untuk membuat dan menciptakan rancangan kapal baru yang mempertimbangkan aspek teknis dengan segala batasannya dan aspek ekonomis. Pada dasarnya desain dibagi menjadi dua kategori, yaitu *invention* yang merupakan eksploitasi dari ide-ide asli untuk menciptakan suatu produk, dan *inovasion* yaitu pembaharuan atau rekayasa desain terhadap sebuah produk. Keduanya memiliki tujuan yang sama yaitu untuk memperbaiki atau mempermudah dari suatu kendala yang dihadapi dari rancangan sebelumnya. Proses desain pada pembangunan kapal bertujuan untuk mempermudah, memberikan arahan yang jelas sehingga pekerjaan pembangunan kapal dapat berjalan sesuai dengan rencana dan dapat meminimalisir kesalahan dalam proses pembangunan kapal.

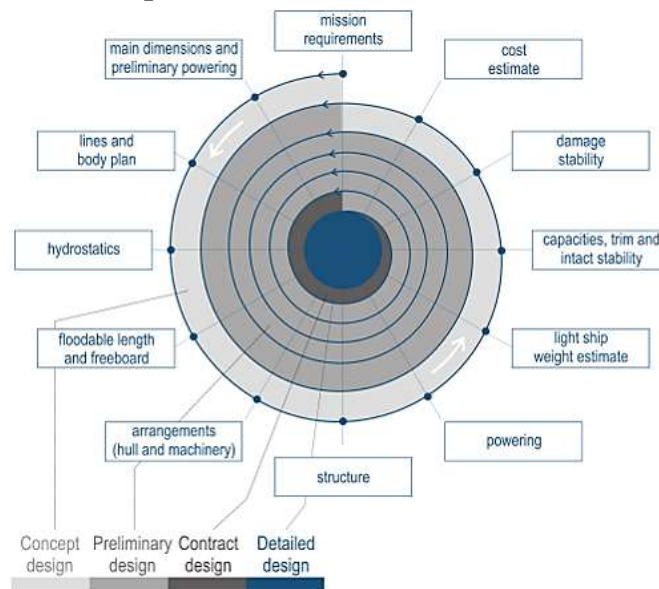
Proses desain kapal pun bertujuan agar produk yang dihasilkan dapat mengakomodir seluruh permintaan dari pemilik kapal (*owner requirement*). *Owner requirement* merupakan kumpulan dari ketentuan yang berasal dari permintaan pemilik kapal yang selanjutnya akan dijadikan acuan dasar bagi desainer dalam merancang suatu kapal, yang pada umumnya terdiri dari ketentuan jenis kapal, jenis muatan, kapasitas muatan, kecepatan kapal, dan rute pelayaran.

Selain itu terdapat hal yang perlu diperhatikan terkait batasan-batasan dalam proses mendesain kapal, antara lain:

- Batasan dari pemilik kapal yang harus dipenuhi, seperti *performance* kapal, jenis dan kapasitas muatan, biaya pembangunan, biaya operasional, dll.

- Batasan fisik kapal dan persyaratan teknis yang harus dipenuhi, seperti berat dan titik berat, lambung timbul, stabilitas, persyaratan konstruksi, dll.
- Batasan wilayah operasional kapal yang dibatasi, seperti kondisi pelayaran, kondisi pelabuhan, dll

### II.1.7. Tahapan Desain Kapal



Gambar II.3. Desain Spiral

Sumber: Friendship Systems, 2015

Pada Gambar II.3 menunjukkan bahwa seluruh perencanaan dan analisis dalam proses mendesain kapal dilakukan secara berulang demi mencapai hasil yang maksimal ketika desain tersebut dikembangkan. Proses ini biasa disebut dengan proses *Spiral Design*. Pada *spiral design* dibagi ke dalam 4 tahapan, yaitu: *concept design*, *preliminary design*, *contract design*, dan *detail design*.

#### 1. *Concept design*

Merupakan tahapan awal dalam proses desain dimana tahapan ini memiliki peranan untuk menerjemahkan *owner requirement* atau permintaan pemilik kapal ke dalam ketentuan dasar dari kapal yang akan didesain. Konsep bisa dibuat dengan menggunakan rumus pendekatan, kurva ataupun pengalaman untuk membuat perkiraan-perkiraan awal yang bertujuan untuk mendapatkan estimasi biaya konstruksi, biaya permesinan kapal dan biaya peralatan serta perlengkapan kapal. Hasil dari tahapan konsep desain ini umumnya berupa ukuran utama kapal, dan gambar secara umum.

## 2. *Preliminary Design*

Adalah tahap lanjutan dari concept design. Tahapan ini merupakan tahapan pendalaman teknis lebih dalam yang akan memberikan lebih banyak detail pada konsep desain. *Preliminary design* ini merupakan iterasi kedua pada desain spiral. Adapun yang dimaksud detail meliputi fitur-fitur yang memberikan dampak signifikan pada kapal, termasuk juga pendekatan awal biaya yang akan dibutuhkan. Selain itu, proses yang dilakukan pada tahap ini antara lain adalah perhitungan kekuatan memanjang kapal, pengembangan bagian midship kapal, perhitungan yang lebih akurat mengenai berat dan titik berat kapal, sarat, stabilitas, dll. Pada tahap ini, dilakukan pemeriksaan yang terkait dengan *performance* kapal

## 3. *Contract Design*

Merupakan tahapan dimana masih dimungkinkannya terjadi perbaikan hasil dari tahap *preliminary design* sehingga desain yang dihasilkan lebih detail dan teliti. Tujuan utama pada kontrak desain adalah pembuatan dokumen yang secara akurat dengan mendeskripsikan kapal yang akan dibuat. Selanjutnya dokumen tersebut akan menjadi dasar dalam kontrak atau perjanjian pembangunan antara pemilik kapal dan pihak galangan kapal. Adapun komponen dari *contract drawing* dan *contract specification* meliputi: *arrangement drawing*, *structural drawing*, *structural details*, *propulsion arrangement*, *machinery selection*, *propeller selection*, *generator selection*, *electrical selection*, dll. Seluruh komponen tersebut biasa juga disebut sebagai *key plan drawing*. *Key plan drawing* tersebut harus merepresentasikan secara detail fitur-fitur kapal sesuai dengan permintaan pemilik kapal.

## 4. *Detail Design*

Dalam proses mendesain kapal, tahapan *detail design* merupakan tahapan yang terakhir. Dimana pada tahapan ini dilakukan pendetailan gambar *key plan drawing* menjadi *production drawing* atau gambar produksi yang nantinya akan digunakan sebagai gambar arahan kerja untuk membangun kapal. Tahap ini mencakupi seluruh rencana dan perhitungan yang diperlukan untuk proses konstruksi dan operasional kapal. Disamping itu pada tahap ini diberikan pula petunjuk mengenai instalasi dan detail konstruksi.

### II.1.8. Metode Desain

Terdapat beberapa metode yang digunakan dalam mendesain kapal. Pemilihan metode desain yang akan digunakan dipilih berdasarkan tujuan dan ketersediaan data dari desain-desain kapal sebelumnya. Adapun macam-macam metode dalam mendesain kapal seperti di bawah ini:

### 1. *Parent Design Approach*

Merupakan salah satu metode dalam mendesain kapal dengan cara mengambil sebuah kapal yang dijadikan sebagai acuan kapal pembanding yang memiliki karakteristik yang sama dengan kapal yang akan dirancang. Keuntungan dalam penggunaan metode ini adalah dapat mendesain kapal lebih cepat karena *performance* kapal yang dijadikan acuan telah terbukti.

### 2. *Trend Curve Approach*

Adalah metode statistik dengan menggunakan persamaan regresi dari beberapa kapal pembanding untuk menentukan ukuran utama kapal. Dalam metode ini ukuran beberapa kapal pembanding dikomparasi dimana variabel dihubungkan kemudian didapatkan suatu koefisien yang digunakan dalam menentukan ukuran utama kapal.

### 3. *Iteratif Design Approach*

Merupakan sebuah metode desain kapal yang berdasarkan pada proses siklus dari *prototyping*, *testing*, dan *analyzing*. Perubahan dan perbaikan akan dilakukan berdasarkan hasil pengujian iterasi terbaru sebuah desain. Proses ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas dan fungsionalitas dari sebuah desain yang sudah ada.

### 4. *Parametric Design Approach*

Adalah metode yang digunakan dalam mendesain kapal dengan parameter seperti panjang kapal, lebar kapal, sarat kapal, koefisien blok, titik gaya apung, dll. sebagai ukuran utama kapal yang merupakan hasil regresi dari beberapa kapal pembanding, kemudian dilakukan perhitungan teknis yang terdapat dalam proses desain kapal.

### 5. *Optimization Design Approach*

Optimisasi merupakan suatu proses untuk mendapatkan beberapa kemungkinan hasil yang memenuhi syarat berdasarkan batasan-batasan tertentu. Optimisasi biasa digunakan untuk mencari suatu nilai minimum atau maksimum yang ditetapkan sejak awal sebagai *objective function*. Terdapat beberapa komponen optimisasi yang terlibat dalam setiap proses iterasi, yaitu:

- *Variable* (Variabel)

Variabel adalah nilai yang dicari dalam proses optimisasi. Untuk SPSHB ukuran utama menjadi variabel dari suatu optimisasi.

- *Parameter* (Parameter)

Parameter adalah nilai yang besarnya tidak berubah selama satu kali proses optimisasi karena adanya syarat-syarat tertentu. Parameter dapat diubah setelah satu

kali proses optimisasi untuk menyelidiki kemungkinan diperolehnya hasil yang lebih baik dalam proses berikutnya.

- *Constanta* (Konstanta)

Konstanta adalah nilai yang tidak berubah besarnya selama proses optimisasi tuntas dilakukan. Konstanta memiliki nilai yang pasti dan tidak akan berubah.

- *Constrain* (Batasan)

Batasan adalah nilai batas yang telah ditentukan. Batasan ini menjadi syarat apakah hasil optimisasi tersebut dapat diterima atau tidak. Untuk SPSHB batasan-batasan teknis kapal menjadi *constrain*.

- *Objective Function* (Fungsi Objektif)

Fungsi objektif adalah hubungan antara semua atau beberapa *variable* serta parameter yang nilainya akan dioptimalkan. Fungsi objektif juga disesuaikan dengan permintaan, apakah nilai yang diharapkan merupakan nilai minimum atau maksimum. Untuk desain kapal SPSHB biaya pembangunan menjadi *objective function*.

Dalam proses desain kapal, proses optimisasi dapat dikombinasikan dengan beberapa metode lainnya seperti yang sudah dijelaskan pada pembahasan sebelumnya. Empat metode tersebut antara lain adalah *method of comparison*, *method of statistic*, *trial and error (iritation)* dan metode *method of complex solution*. Pelaksanaan kombinasi antar dua metode atau lebih dalam proses optimisasi akan cenderung melibatkan prinsip dasar rekayasa teknik (*engineering*) dan prinsip ekonomi. Sehingga dalam setiap iterasi yang terjadi, selain pemeriksaan terhadap batasan atau syarat yang ditentukan, juga dilakukan perhitungan-perhitungan teknis dan ekonomis dengan tetap berorientasi pada *objective function* yang mewakili tujuan akhir proses desain kapal dengan metode optimisasi (Haq, 2015).

#### **II.1.9. Generalized Reduced Gradient Method (GRG)**

*Generalized Reduced Gradient Method (GRG)* merupakan perluasan metode dari batasan *linear* sehingga batasan *linear* dapat diterapkan kedalam batasan *non-linear*. Metode GRG tersebut digunakan untuk menyesuaikan *variable* yang ada sehingga batasan-batasannya terpenuhi. Metode GRG dirancang oleh Wilde dan Beightler dengan menggunakan *constrained derivatives*, dikembangkan oleh Wolfe menggunakan *reduced gradient method* dan diperluas oleh Abadie dan Carpenter menggunakan *generalized reduced gradient*. Menurut Avriel jika



model dan constrain ekonomi linier metode yang digunakan ialah metode simpleks linier dan jika tidak ada constrain maka hanya mencari nilai gradient suatu model.

Pengembangan Metode GRG dimulai dengan permasalahan optimisasi *non-linear* yang ditulis dengan persamaan batasannya. Variabel dan surplus yang diperlukan telah ditambahkan sebagai  $X_s$  atau  $X_s^2$  ke pertidaksamaan batasan. Persamaan tersebut ialah:

Optimal :  $y(x)$

Subyek :  $f_i(x) = 0$ , untuk  $i = 1, 2, 3, \dots, m$

Pada persamaan tersebut terdapat persamaan batasan  $m$  dan variable bebas  $n$ , dimana  $n > m$ . Variabel tersebut memiliki batas atas (max) dan batas bawah (min) serta metode GRG memastikan variable bernilai positif atau nol.

Gagasan metode GRG adalah mengubah masalah yang dibatasi menjadi tidak dibatasi dengan menggunakan metode substitusi. Metode substitusi digunakan untuk mengurangi jumlah variabel bebas menjadi  $(n-m)$  dan eliminasi batasannya. Namun dengan persamaan batasan *non-linear*, GRG tidak dapat menyelesaikan persamaan batasan  $m$  untuk variabel bebas berdasarkan variabel  $(n-m)$  sehingga persamaan tersebut diganti kedalam model ekonomi. Oleh karena itu dibutuhkan nilai minimum dan maksimum pada metode variasi batasan dan *multiplier Lagrange*. Model ekonomi dan persamaan batasan diperluas dalam *Taylor Series*. Kemudian dengan persamaan linier, persamaan batasan dapat digunakan untuk mengurangi jumlah dari variabel bebas. Hal ini menyebabkan determinan Jacobian dan *multiplier Lagrange* menjadi perbandingan turunan parsial.

Pengembangan dari metode GRG ialah mengikuti variasi batas. Dalam kasus dua variabel bebas dan satu persamaan batasan akan digunakan untuk menjelaskan konsepnya dan kemudian kasus yang general akan dijabarkan. Persamaan kasus tersebut sebagai berikut:

Optimal :  $y(x_1, x_2)$

Subyek :  $f(x_1, x_2) = 0$

Persamaan diatas dapat diperluas dalam *Taylor Series* dengan titik  $x_k(x_{1k}, x_{2k})$  yaitu:

$$y(x) = y(x_k) + \frac{\partial y(x_k)}{\partial x_1} (x_1 - x_{1k}) + \frac{\partial y(x_k)}{\partial x_2} (x_2 - x_{2k}) \quad (1)$$

$$0 = f(x_k) + \frac{\partial f(x_k)}{\partial x_1} (x_1 - x_{1k}) + \frac{\partial f(x_k)}{\partial x_2} (x_2 - x_{2k}) \quad (2)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (2) kedalam persamaan (1) untuk mengeliminasi  $x_2$ , Setelah itu didapat persamaan:

$$y(x) = y(x_k) - \left( \frac{\partial y(x_k)}{\partial x_2} \right) \left( \frac{\partial f(x_k)}{\partial x_2} \right)^{-1} f(x_k) + \left( \frac{\partial f(x_k)}{\partial x_2} \right)^{-1} \left[ \frac{\partial y(x_k)}{\partial x_1} \frac{\partial f(x_k)}{\partial x_2} - \frac{\partial y(x_k)}{\partial x_2} \frac{\partial f(x_k)}{\partial x_1} \right] (x_1 - x_{1k}) \quad (3)$$

Pada persamaan (3) dua istilah pertama diketahui konstan yang dievaluasi pada titik  $x_k$ , dan koefisien dari  $(x_1 - x_{1k})$  bernilai konstan dan hal itu memberikan  $x_1$  arah untuk berpindah. Jadi untuk menghitung titik stasioner untuk persamaan ini yaitu  $dy/dx_1 = 0$ ; dan hasilnya sama dengan variasi batas. Yang merupakan istilah dalam kurung ([]) dalam persamaan (3) diselesaikan bersamaan dengan persamaan batasan untuk titik stasioner. Namun istilah dalam kurung ([]) dapat mendapatkan nilai ekonomis minimal dan memenuhi persamaan batasan. (Pike, 1986)

## II.1.10. Perhitungan Teknis Desain Kapal

### II.1.10.1. The Geosim Procedure

Menurut, (Barrass, 2004) dalam bukunya yang berjudul *Ship Design and Performance for Masters and Mates. The Geosim Procedure* merupakan metode penentuan ukuran utama yang digunakan ketika sebuah permintaan memiliki kesamaan geometris dengan kapal pembanding, dalam hal ini dapat digunakan satu kapal pembanding sebagai acuan. Metode ini biasa digunakan untuk menentukan ukuran utama pada kapal jenis baru dikarenakan keberadaan kapal yang masih terbatas dengan menggunakan koefisien perbandingan geometris ukuran utama (K). Data yang dibutuhkan adalah ukuran utama kapal seperti panjang kapal (L), lebar kapal (B), sarat kapal (T), dan tinggi kapal (H) dengan  $C_D$  (*Coefficient Displacement*) dan  $C_B$  (*Coefficient Block*) hamper serupa.

Adapun tahapan dalam penentuan ukuran utama menggunakan *Geosim Procedure* seperti di bawah ini:

1. Menentukan nilai DWT (*Deadweight Tonnes*) kapal yang akan dirancang ( $W_2$ ).
2. Pengumpulan data kapal yang akan dijadikan sebagai kapal acuan meliputi ukuran utama (L, B, T, H, DWT, dan displasemen). Kapal yang akan dijadikan sebagai kapal acuan harus dengan tipe kapal yang sama dengan rasio ukuran utama yang memenuhi persyaratan.
3. Ukuran utama kapal yang akan dirancang ( $L_2$ ,  $B_2$ ,  $T_2$ , dan  $H_2$ .) didapat dari ukuran utama kapal acuan ( $L_1$ ,  $B_1$ ,  $T_1$ , dan  $H_1$ .) yang dikalikan dengan koefisien geometris (K).
4. Koefisien geometris (K) didapatkan dari persamaan geosim di bawah ini:

$$(B_2 / B_1)^3 = W_2 / W_1$$

$$B_2 / B_1 = (W_2 / W_1)^{1/3}$$

$$B_2 / B_1 = K$$

Dimana:

$$W_2 = \text{DWT kapal yang dirancang} \quad (\text{ton})$$

$$W_1 = \text{DWT kapal acuan} \quad (\text{ton})$$

5. Ukuran utama kapal yang dirancang didapatkan dari perhitungan:

$$L_2 = K \times L_1 \quad (\text{m})$$

$$B_2 = K \times B_1 \quad (\text{m})$$

$$T_2 = K \times T_1 \quad (\text{m})$$

$$H_2 = K \times H_1 \quad (\text{m})$$

6. Mencari nilai  $C_D$  dan  $C_B$  dari kapal acuan seperti berikut:

Vessel type	$C_{\text{cargo DWT}}$	$C_{\text{total DWT}}$
large tankers	0.85 - 0.87	0.86 - 0.89
product tankers	0.77 - 0.83	0.78 - 0.85
container ships	0.56 - 0.63	0.70 - 0.78
Ro-Ro ships	0.50 - 0.59	
large bulk carriers	0.79 - 0.84	0.81 - 0.88
small bulk carriers	0.71 - 0.77	
refrigerated cargo ships	0.50 - 0.59	0.60 - 0.69
fishing trawlers	0.37 - 0.45	

Gambar II.4. Koefisien Displasemen Berdasarkan Tipe Kapal

Sumber: Parsons, 2001

$C_D$  = Koefisien perbandingan antara DWT dan displacement (ton) pada keadaan muatan penuh di *summer loaded waterline* (SLWL).

$$C_D = \frac{DWT \text{ (ton)}}{Displacement \text{ (ton)}}$$

$C_B$  = Koefisien perbandingan antara volume kapal yang tercelup air dan volume balok kapal ( $L \times B \times T$ ).

$$C_B = \frac{Displacement \text{ (ton)}}{L \times B \times T \times \rho}$$

7. Setelah didapatkan ukuran utama yang baru maka dilakukan pengecekan terhadap hasil perhitungan.

$$\Delta_2 = L_2 \times B_2 \times T_2 \times C_B \times \rho \quad (\text{ton})$$

Dimana:

$$\Delta_2 = \text{Displasemen kapal dirancang} \quad (\text{ton})$$

$\rho$  = Masa jenis air laut (ton/m<sup>3</sup>)

8. Kesesuaian penggunaan metode geosim dapat disesuaikan dengan formula:

$$C_{D2} = DWT_2 / \Delta_2$$

Dan nilai  $C_{D2}$  diharapkan mendekati nilai  $C_{D1}$  ( $C_{D2} \approx C_{D1}$ )

#### II.1.10.2. Rasio Ukuran Utama dan Koefisien

Proses perhitungan teknis desain kapal selalu menggunakan ukuran utama kapal. Ukuran utama dalam desain kapal adalah komponen yang paling dipertimbangkan untuk memenuhi permintaan pemilik kapal (*owner requirement*) dan batasan-batasan perhitungan lainnya, oleh karena itu diperlukan batasan-batasan ukuran utama kapal agar permintaan pemilik dan batasan perhitungan sesuai. Berikut batasan-batasan terhadap ukuran utama kapal menurut (Suhardjito, 2014):

- *Length-Beam Ratio (L/B)*

Merupakan rasio perbandingan antara panjang dan lebar kapal. Rasio ini dapat berpengaruh terhadap hambatan kapal dan kemampuan olah gerak kapal. Batasan rasio yang dianjurkan adalah  $3,5 < L/B < 10$

- *Beam-Draft Ratio (B/T)*

Merupakan rasio perbandingan antara lebar dan sarat kapal. Rasio ini dapat berpengaruh terhadap stabilitas kapal searah melintang. Batasan rasio yang dianjurkan adalah  $1,8 < B/T < 5$

- *Length-Draft Ratio (L/T)*

Adalah rasio perbandingan antara panjang dan sarat kapal. Rasio ini dapat berpengaruh terhadap kekuatan memanjang kapal. Batasan rasio yang dianjurkan adalah  $10 < L/T < 30$

Selain ukuran utama kapal, terdapat komponen lain yang berperan terhadap perhitungan teknis suatu kapal, yaitu koefisien-koefisien yang merupakan fungsi dari dimensi kapal yang dapat berpengaruh terhadap karakteristik hidrostatik kapal. Koefisien-koefisien tersebut adalah:

1. *Froude Number (Fn)*

Froude number merupakan rasio hubungan kecepatan kapal dan panjang kapal. Kapal dapat dikatakan cepat atau tidak tergantung besaran nilai dari *Froude Number*. Berikut formula dari  $F_n$  menurut (Lewis, 1988):

$$F_n = \frac{V}{\sqrt{g \times L}}$$

## 2. Block Coefficient ( $C_B$ )

Merupakan koefisien perbandingan antara volume badan kapal yang tercelup dalam air dengan volume balok yang melingkupi badan kapal yang tercelup ( $L \times B \times T$ ). Adapun (Suhardjito, 2014) menjelaskan formula  $C_B$  seperti di bawah ini:

$$C_B = -4.22 + 27.8 \sqrt{Fn} - 39.1 Fn + 46.6 Fn^3$$

## 3. Midship Coefficient ( $C_M$ )

Merupakan koefisien perbandingan antara luas bidang tengah kapal yang tercelup air dengan luasan segi empat yang melingkupinya ( $B \times T$ ). Adapun formula  $C_M$  menurut (Suhardjito, 2014) seperti di bawah ini:

$$C_M = 1.006 - 0.0056 C_B - 3.56$$

## 4. Prismatic Coefficient ( $C_P$ )

Merupakan koefisien perbandingan antara volume kapal yang tercelup air dengan volume prisma kapal. Dan (Suhardjito, 2014) menjelaskan formula  $C_P$  seperti di bawah ini:

$$C_P = \frac{C_B}{C_M}$$

## 5. Waterplane Coefficient ( $C_{WP}$ )

Merupakan koefisien perbandingan antara luasan bidang permukaan air pada saat kapal muatan penuh dengan luasan persegi pada area permukaan air ( $L \times B$ ). Berikut formula  $C_{WP}$  menurut (Suhardjito, 2014) seperti di bawah ini:

$$C_{WP} = 0.262 + 0.760 C_P$$

### II.1.10.3. Hambatan Kapal

Hambatan kapal atau biasa disebut tahanan kapal adalah gaya fluida yang bekerja pada kapal dari arah yang berlawanan kapal sehingga melawan gerakan kapal pada suatu kecepatan. Perhitungan hambatan kapal dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan daya mesin yang dibutuhkan agar kapal dapat bergerak sesuai dengan kecepatan yang diharapkan. Terdapat beberapa hal yang mempengaruhi dari besaran hambatan kapal, seperti ukuran utama kapal, bentuk badan kapal di bawah garis air, dan kecepatan kapal yang dibutuhkan. (Lewis, 1988) menjelaskan untuk menghitung hambatan kapal, digunakan metode Holtrop dan Mennen. Formula perhitungan yang digunakan dalam menentukan harga hambatan total sebagai berikut:

$$R_T = \frac{1}{2} \times \rho \times V s^2 \times S_{Tot} \times (C_F(1 + k) + C_A) + \left(\frac{R_W}{W}\right) \times W$$

Dimana:

$$P = \text{Masa jenis air laut} \quad (\text{ton/m}^3)$$

$V_S$	= Kecepatan kapal	(m/s)
$S_{Tot}$	= Luas total permukaan kapal di bawah garis air	(m <sup>2</sup> )
$C_F$	= Koefisien gesek ( <i>Frictional coefficient</i> )	
(1+k)	= Faktor bentuk lambung	
$C_A$	= <i>Model-ship correlation allowance</i>	
$R_W$	= Hambatan akibat pengaruh gelombang	(kN)
$W$	= Displasemen kapal	(ton)

#### 1. *Wave-making Resistance (R<sub>W</sub>)*

*Wave-making resistance* atau yang biasa disebut hambatan gelombang adalah hambatan yang disebabkan oleh gelombang air yang timbul akibat bergerak kapal. Menurut (Lewis, 1988) formula untuk menghitung besar hambatan gelombang seperti di bawah ini:

$$\frac{R_W}{W} = C_1 C_2 C_3 e^{m_1 \times Fn^d + m_2 \cos(\lambda Fn^{-2})}$$

Untuk kapal berkecepatan rendah dengan  $Fn \leq 0.4$  maka perhitungan hambatan gelombang menggunakan *Havelock Formula*.

- Koefisien  $C_1$

$$C_1 = 2223105 C_4^{3.7861} (T/B)^{1.0796} (90 - iE)^{-1.3757}$$

Dimana:

$$C_4 = 0.2296 (B/L)^{0.3333} \quad \text{untuk } B/L \leq 0.11$$

$$C_4 = B/L \quad \text{untuk } 0.11 \leq B/L \leq 0.25$$

$$C_4 = 0.5 - 0.0625 L/B \quad \text{untuk } B/L \geq 0.25$$

- $iE$  = Setengah dari besar sudut masuk garis air

$$iE = 125.67 (B/L) - 162.25 C_p^2 + 234.32 C_p^3 + 0.1551 (LCB + (6.8 (Ta - Tf)/T)^3$$

Dimana:

$$T = \text{Sarat kapal} \quad (\text{m})$$

$$Ta = \text{Sarat kapal di after peak} \quad (\text{m})$$

$$Tf = \text{Sarat kapal di fore peak} \quad (\text{m})$$

- Koefisien  $C_2$

$$C_2 = \text{Koefisien pengaruh dari penggunaan bulbous bow}$$

$$C_2 = e^{-1.89} \frac{A_{BT} \times r_B}{B \times T (r_B + i)}$$

Dimana:

$$A_{BT} = \text{Luasan bulbous bow} \quad (\text{m}^2)$$

$$r_B = \text{Jari-jari efektif bulbous bow} \quad (\text{m})$$

$$r_B = 0.56 A_{BT}^{0.5}$$

$$i = T f - h_B - 0.4464 r_B$$

$$h_B = \text{Tinggi bulbous bow} \quad (\text{m})$$

Dan untuk kapal tanpa bulbous bow,  $C_2 = 1$

- Koefisien  $C_3$

$$C_3 = \text{Koefisien pengaruh dari transom}$$

$$C_3 = 1 - \frac{0.8 A_T}{B \times T \times C_M}$$

Dimana:

$$A_T = \text{Luasan transom pada keadaan kecepatan kapal nol} \quad (\text{m}^2)$$

- Koefisien  $m_1$

$$m_1 = 0.01404 (L/T) - 1.7525 \left( V^{\frac{1}{3}}/L \right) - 4.7932 (B/L) - C_5$$

Dimana:

$$C_5 = \text{Koefisien dengan fungsi koefisien prismatik} (C_P)$$

$$C_5 = 8.0798 C_P - 13.8678 C_P^2 + 6.9844 C_P^3 \quad \text{untuk } C_P \leq 0.8$$

$$C_5 = 1.7301 - 0.7067 C_P \quad \text{untuk } C_P \geq 0.8$$

- Koefisien  $m_2$

$$m_2 = C_6 \times 0.4 e^{-0.034 \times Fn^{-3.29}}$$

Dimana:

$$C_6 = \text{Koefisien dengan fungsi } L^3/V$$

$$C_6 = -1.69385 \quad \text{untuk } L^3/V \leq 512$$

$$C_6 = 1.69385 + (L/V^{\frac{1}{3}} - 8.0)/2.36 \quad \text{untuk } 512 \leq L^3/V \leq 1727$$

$$C_6 = 0 \quad \text{untuk } L^3/V \geq 1727$$

- Koefisien  $\lambda$

$$\lambda = \text{Koefisien dengan fungsi } L/B$$

$$\lambda = 1.446 C_P - 0.03 L/B \quad \text{untuk } L/B \leq 12$$

$$\lambda = 1.446 C_P - 0.36 \quad \text{untuk } L/B \geq 12$$

- Gaya berat (W)

$$W = \rho \times g \times V \quad (\text{kN})$$

Dimana:

$$\rho = \text{Masa jenis air laut} \quad (\text{ton/m}^3)$$

$$g = \text{Percepatan gravitasi} \quad (\text{m/s}^2)$$

$$V = \text{Volume displasemen} \quad (\text{m}^3)$$

## 2. Form Factor of Bare Hull (1+k)

*Form factor of bare hull* adalah faktor dari pengaruh bentuk lambung kapal, yang di dalamnya meliputi faktor bentuk lambung itu sendiri dan faktor penambahan bentuk lambung lainnya, serta luasan dari permukaan lambung dan luasan dari penambahan bentuk lambung lainnya. Adapun formula menurut (Lewis, 1988) untuk menghitung harga dari faktor pengaruh bentuk lambung seperti di bawah ini:

$$(1 + k) = (1 + k_1) + [(1 + k_2) - (1 + k_1)] \times \frac{S_{App}}{S_{Tot}}$$

- Faktor 1+k<sub>1</sub>

1+k<sub>1</sub> = Faktor pengaruh dari bentuk lambung

$$1 + k_1 = 0.93 + 0.4871 c \left(\frac{B}{L}\right)^{1.0681} \left(\frac{T}{L}\right)^{0.4611} \left(\frac{L}{L_R}\right)^{0.1216} \left(\frac{L^3}{V}\right)^{0.3469} (1 - C_P)^{-0.6042}$$

Dimana:

c = Koefisien pengaruh bentuk *afterbody*

$$c = 1 + 0.011 C_{stern}$$

Tabel II.2. Harga C<sub>stern</sub>

Harga C <sub>stern</sub>	Tipe Bentuk Bagian Belakang
-25	Berbentuk gondola
-10	Berbentuk V
0	Berbentuk normal
10	Berbentuk U

Sumber: Lewis, 1988

- Faktor 1+k<sub>2</sub>

1+k<sub>2</sub> = Faktor pengaruh dari penambahan bentuk lambung



$$1 + k_2 = \frac{\sum (S_i \times (1 + k_2))}{\sum S_i}$$

Dimana:

S = Luasan untuk masing-masing penambahan permukaan basah (m<sup>2</sup>)

1+k<sub>2</sub> = Harga faktor penambahan bentuk lambung dapat dilihat pada tabel di bawah:

Tabel II.3. Harga 1+k<sub>2</sub>

Harga 1+k <sub>2</sub>	Tipe Penambahan Permukaan
1.3 - 1.5	<i>Rudder of single screw ship</i>
2.8	<i>Spade type rudders of twin screw ships</i>
1.5 - 2	<i>Skeg-rudders of twin-screw ships</i>
3.0	<i>Shaft Brackets</i>
2.0	<i>Bossings</i>
1.4	<i>Bilge keels</i>
2.8	<i>Stabilizer fins</i>
2.0	<i>Shafts</i>
2.7	<i>Sonar dome</i>

Sumber: Lewis, 1988

- Total Luas Permukaan Basah (S<sub>tot</sub>)

S<sub>tot</sub> = Total luasan permukaan basah

$$S_{Tot} = S + S_{App}$$

Dimana:

S = Luas permukaan lambung kapal di bawah garis air

$$S = L (2T + B) C_M^{0.5} \times (0.4530 + 0.4425 C_B - 0.2863 C_M - 0.003467 \left(\frac{B}{T}\right) + 0.3696 C_{WP} + 2.38 \left(\frac{A_T}{C_B}\right)$$

S<sub>App</sub> = Luas permukaan komponen kapal selain lambung kapal di bawah garis air dan dihitung luasan masing-masing untuk setiap komponennya.

### 3. Friction Coefficient (C<sub>F</sub>)

*Friction coefficient* atau biasa disebut dengan koefisien gesek adalah koefisien dari hambatan gesek yang terjadi pada kapal selama kapal berlayar. (Lewis, 1988) menjelaskan terdapat formula perhitungan untuk menghitung koefisien gesek seperti di bawah ini:

$$C_F = \frac{0.075}{(\log Rn - 2)^2}$$

Dimana:

$Rn$  = *Reynolds number*

Dimana:

$$Rn = \frac{Vs \times LWL}{\nu_s}$$

$V_s$  = Kecepatan kapal (m/s)

$L_{WL}$  = Panjang garis air (m)

$\nu_s$  = Viskositas kinematis untuk air laut

$\nu_s$  =  $1.1883 \times 10^{-6}$  (m/s)

#### 4. *Correlation Allowance* ( $C_A$ )

(Lewis, 1988) menjelaskan *correlation allowance* merupakan faktor penambahan terhadap nilai hambatan kapal yang disebabkan oleh adanya efek kekasaran pada lambung selama kapal mendapatkan hambatan kapal. Formula  $C_A$  dirumuskan pada konferensi International Towing Tank Conference (ITTC) pada 1963 di London, Inggris. Adapun formula dalam menentukan harga  $C_A$  seperti di bawah ini:

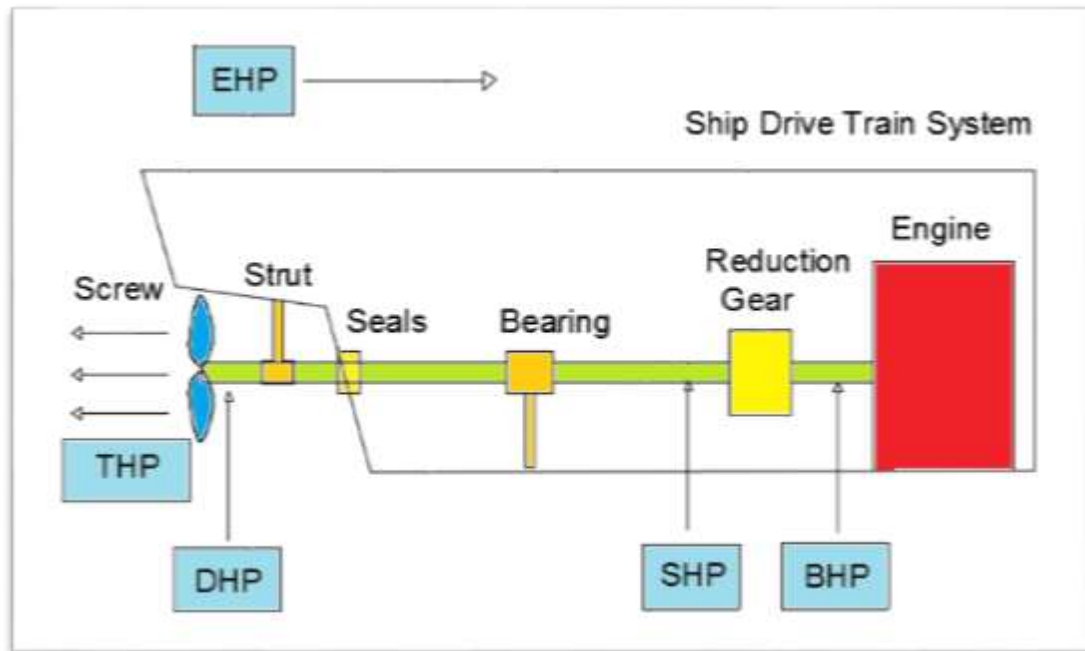
- Untuk keadaan  $T_F / L_{WL} > 0.04$  digunakan perhitungan:

$$C_A = 0.006 (LWL + 100)^{0.16} - 0.00205$$

- Untuk keadaan  $T_F / L_{WL} < 0.04$  digunakan perhitungan:

$$C_A = 0.006 (LWL + 100)^{0.16} - 0.00205 - 0.003 \left( \frac{LWL}{7.5} \right)^{0.5} C_B^4 C_2 \left( 0.04 - \frac{T_F}{LWL} \right)$$

#### II.1.10.4. Daya Pengerak Kapal



Gambar II.5. Skema Pembagian Daya Pengerak Kapal

Sumber: <http://www.google.photos.com>, 2016

Dalam menggerakkan suatu kapal dibutuhkan sebuah system penggerak yang dapat membuat kapal bergerak. Sistem penggerak kapal bervariasi diantaranya sistem penggerak dengan bantuan mesin dan tanpa bantuan mesin. Untuk kapal-kapal besar menggunakan sistem penggerak dengan bantuan mesin karena sistem penggerak dengan bantuan mesin terbilang lebih efisien dibandingkan tanpa bantuan mesin.

Daya mesin yang digunakan suatu kapal harus sesuai dengan permintaan pemilik kapal (*owner requirement*) sehingga perlu disesuaikan dengan kapasitas dan daya dari mesin penggerak utama. Oleh karena itu dibutuhkan perencanaan dan perhitungan terhadap daya penggerak kapal.

Pada Gambar II.5 terlihat bahwa kebutuhan daya mesin penggerak utama (*break horse power*) dapat dicari setelah melakukan perhitungan komponen daya yang ada sebelumnya secara beruntun. Berikut penjabaran dari masing-masing komponen daya menurut (Lewis, 1988).

1. *Effective Horse Power (EHP)*

EHP merupakan daya yang dibutuhkan untuk melawan hambatan yang terjadi pada kapal sehingga kapal dapat bergerak sesuai dengan kecepatan yang diinginkan. Berikut ini adalah perhitungan untuk menentukan harga EHP:

$$EHP = RT \times V_s$$

Dimana:

$$EHP = \text{Effective Horse Power} \quad (HP) / (kW)$$

$$RT = \text{Hambatan total kapal} \quad (kN)$$

$$V_s = \text{Kecepatan dinas kapal} \quad (m/s)$$

## 2. Delivery Horse Power (DHP)

DHP merupakan daya yang sampai di baling-baling (propeller). Terdapat penambahan daya yang dibutuhkan yang diakibatkan oleh adanya pengurangan dari efisiensi lambung, efisiensi relatif-rotatif, dan open water efficiency. Adapun perhitungan yang digunakan dalam menentukan harga DHP seperti berikut:

$$DHP = EHP / \eta_D$$

Dimana:

$$EHP = \text{Effective Horse Power} \quad (HP) / (kW)$$

$$\eta_D = \text{Efisiensi baling-baling} \quad (\text{propeller efficiency})$$

$$\eta_D = \eta_H \times \eta_R \times \eta_o$$

- $\eta_H = \text{Efisiensi lambung} \quad (\text{hull efficiency})$

$$\eta_H = (1 - t) / (1 - w)$$

Dimana:

$$w = \text{Wake friction}$$

$$w = 2 \times C_B^5 (1 - C_B) + 0.04 \quad \text{Kapal twin screw}$$

$$t = \text{Thrust deduction}$$

$$t = 0.70 w + 0.06 \quad \text{Kapal twin screw}$$

- $\eta_R = \text{Efisiensi relatif-rotatif} \quad (\text{relative-rotative efficiency})$

$$\eta_R = 0.9737 + 0.111 (C_P - 0.0225 LCB) + (-0.06325 P/D)$$

Dimana:

$$P/D = \text{Pitch ratio}$$

$$LCB = \text{Panjang terhadap titik apung}$$

- $\eta_o = \text{Open water efficiency}$

### 3. *Shaft Horse Power (SHP)*

SHP merupakan daya yang dibutuhkan setelah melewati *stern tube* dan *bearing*. Terdapat pengurangan daya akibat adanya penurunan efisiensi *stern tube* dan *bearing*. Adapun perhitungan yang digunakan untuk menentukan besaran daya SHP:

$$SHP = DHP / \eta_S \eta_B$$

Dimana:

$$DHP = \text{Delivery Horse Power} \quad (\text{HP}) / (\text{kW})$$

$$\eta_S \eta_B = \text{Efisiensi } \textit{stern tube} \text{ dan } \textit{bearing}$$

$$\eta_S \eta_B = 0.98, \text{ untuk peletakan } \textit{main engine} \text{ di bagian belakang kapal}$$

$$\eta_S \eta_B = 0.97, \text{ untuk peletakan } \textit{main engine} \text{ di bagian tengah kapal}$$

### 4. *Break Horse Power (BHP)*

BHP merupakan daya yang dibutuhkan oleh mesin penggerak utama yang telah melewati sistem transmisi. Daya BHP yang dibutuhkan lebih besar dari SHP akibat adanya pengurangan daya yang diakibatkan pengurangan efisiensi transmisi. Untuk mendapatkan harga BHP dapat ditentukan dengan perhitungan berikut:

$$BHP = SHP / \eta_T$$

Dimana:

$$BHP = \text{Break Horse Power} \quad (\text{HP}) / (\text{kW})$$

$$\eta_T = \text{Transmission efficiency}$$

$$\eta_T = \Sigma (1 - li)$$

$$li = \text{Koefisien terhadap penggunaan komponen sistem penggerak}$$

Tabel II.4. Harga *li*

Harga <i>li</i>	Tipe Penggunaan Komponen Sistem Penggerak
0.010	<i>Reduction gear</i>
0.005	<i>Thrust bearing</i>
0.010	<i>Reversing gear</i>

### 5. *Maximum Continuous Rating (MCR)*

MCR merupakan margin pada kebutuhan daya mesin penggerak utama (BHP) yang disebabkan oleh penambahan adanya *power design margin* yang merupakan margin penambahan akibat perencanaan kebutuhan daya mesin masih banyak menggunakan pendekatan, dan *power service margin* mengingat mesin akan mengalami penurunan performa

seiring waktu penggunaannya. MCR juga digunakan sebagai daya yang digunakan dalam pemilihan *main engine*. Berikut merupakan tahapan untuk mendapatkan harga MCR:

$$MCR = BHP(1 + M_D)/(1 - M_S)$$

Dimana:

$M_D$  = Power design margin

$M_D$  = 3 – 5 %

$M_S$  = Power service margin

$M_S$  = 15 – 25 %

#### **II.1.10.5. Berat dan Titik Berat Kapal**

Pada proses mendesain kapal, perhitungan berat dan titik berat menjadi salah satu aspek penting karena berat dan titik menjadi salah satu batasan dalam menentukan ukuran utama. Selain itu berat dan titik berat kapal dapat berpengaruh terhadap batasan teknis lainnya seperti trim, stabilitas kapal, kekuatan kapal, dll. Perhitungan berat pada kapal pada umumnya terbagi menjadi dua komponen, yaitu LWT (*Lightweight Tonnage*) dan DWT (*Deadweight Tonnage*).

##### **1. Berat *Lightweight Tonnage* (LWT)**

LWT digolongkan menjadi beberapa bagian yaitu:

###### **a. Berat Komponen Baja Kapal**

Merupakan seluruh berat dari komponen baja meliputi berat baja kapal di bawah geladak utama, berat sistem keamanan peti kemas, dan berat dari bangunan atas dan rumah geladak.

###### **b. Berat Bangunan Atas dan Rumah Geladak**

Pada dasarnya seluruh bangunan kapal yang berada di atas geladak utama merupakan bagian dari dua komponen yaitu bangunan atas (*superstructure*) dan rumah geladak (*deck house*). Dimana *superstructure* meliputi *poop* dan *forecastle*, sementara *deck house* meliputi bangunan di atas *superstructure*. Untuk menghitung berat dari *superstructure* dan *deck house* menurut (Schneekluth & Betram, 1998) dapat digunakan formula sebagai berikut:

$F_o/F_u$	<i>Layer</i>				<i>Wheelhouse</i>
	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	
1.0	0.057	0.056	0.052	0.053	0.040
1.25	0.064	0.063	0.059	0.060	0.045
1.5	0.071	0.070	0.065	0.066	0.050
1.75	0.078	0.077	0.072	0.073	0.055
2.0	0.086	0.084	0.078	0.080	0.060
2.25	0.093	0.091	0.085	0.086	0.065
2.5	0.100	0.098	0.091	0.093	0.070

Gambar II.6. Harga Koefisien *Deck House*

Sumber: Schneekluth & Betram, 1998

$$W_n = V_n \times C_n$$

Dimana:

$V_n$  = Volume bangunan yang akan dicari (m<sup>3</sup>)

$C_n$  = Koefisien berat baja bangunan yang akan dicari (ton/m<sup>3</sup>)

Untuk koefisien berat baja bangunan kapal dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

$F_o/F_u$  = Perbandingan antara luas geladak *layer* di atasnya dengan *layer* di bawahnya. Pada Gambar II.6 terlihat bahwa perbandingan nilai  $F_o/F_u$

Tabel II.5. Harga Koefisien *Superstructure*

<b>Tipe <i>Superstructure</i></b>	<b>Harga Koefisien Berat Baja <i>Superstructure</i></b>
Forecastle dengan panjang kapal $\geq 140$ m	0.1 ton/m <sup>3</sup>
Forecastle dengan panjang kapal $\approx 120$ m	0.13 ton/m <sup>3</sup>
Poop	0.075 ton/m <sup>3</sup>

Sumber: (Schneekluth & Betram, 1998)

c. Berat Koreksi Baja Kapal

Di dalamnya meliputi berat konstruksi sekat, *double bottom*, dan dudukan mesin induk.

- Berat Konstruksi Sekat

$$W_{BC} = 25\% \times W_{HS}$$

Dimana:

$W_{HS}$  = Berat baja di bawah geladak utama (ton)

- Berat Konstruksi Alas Ganda (*Double Bottom*)

$$W_{DB} = V_{DB} \times C_{DB}$$

Dimana:

$V_{DB}$  = Volume *double bottom* (m<sup>3</sup>)

$C_{DB}$  = Koefisien berat konstruksi *double bottom* (ton/m<sup>3</sup>)

$C_{DB} = 0.1 \text{ ton/m}^3$

- Berat *Engine Foundation*

$$W_{EF} = \frac{27 \times BHP}{(n + 250) \times (15 + BHP/1000)}$$

Dimana:

BHP = *Break Horse Power* (kW)

n = Putaran mesin utama (rpm)

- d. Berat Komponen Sitem Kapal

Perhitungan berat permesinan dapat dibagikan ke dalam beberapa kelompok, diantaranya:

- Berat *Propulsion units*
- Berat *Electrical units*
- Berat *Other units*
- *Special weight*

- e. Berat Sistem Propulsi

- Berat Mesin Utama (*Main Engine*)

Berat mesin utama yang disesuaikan dan diketahui dari di katalog mesin.

- Berat *Gear Box*

$$W_{GB} = (0.3 \sim 0.4) BHP/n$$

- Berat Baling-Baling

$$W_{Prop} = D^3 \times K$$

Dimana:

D = Diameter *propeller* (m)

$$K = (ds/D) \times (1.85 A_E/A_O - (Z - 2)/100)$$

ds = Diameter poros *propeller* (m)

$$ds = 11.5 (DHP/n)^{1/3}$$

$A_E/A_O$  = Perbandingan antara luas *propeller expanded* dengan luas lingkaran

Z = Jumlah daun *propeller*

- Berat Poros Baling-Baling

$$M = M/Ls \times Ls$$



Dimana:

$L_s$  = Panjang poros *propeller* (m)

$L_s = 0.081 (DP/n)^{2/3}$

DHP = *Delivery Horse Power* (kW)

f. Berat Sistem Kelistrikan

$W_E = 0.001 \times BHP \times (15 + 0.014 \times BHP)$

g. Berat Sistem Permesinan Lainnya

$W_{MO} = (0.04 \sim 0.07) \times BHP$

h. Berat Peralatan dan Perlengkapan

Berat peralatan dan perlengkapan (*equipment and outfitting/E&O*) menurut (Schneekluth & Betram, 1998) secara garis besar dibagi menjadi 4 kelompok (*group*), yaitu:

i. Group I, untuk berat dari penutup palkah ruang muat (*hatch cover*)

Untuk perhitungan *hatch cover* dapat menggunakan:

	<i>Weight in kg/m hatchway length</i>				
Hatchway breadth [m]	6	8	10	12	14
Load 1.75 t/m <sup>2</sup>	826	1230	1720	2360	3150
1 container layer	826	1230	1720	2360	3150
2 container layers	945	1440	2010	2700	3550

Gambar II.7. Estimasi Berat *Hatch Cover*

Sumber: Schneekluth & Betram, 1998

ii. Group II, untuk berat peralatan bongkar muat (*cargo handling / access equipment*)

Untuk estimasi berat *crane* yang terpasang di atas kapal dapat dilihat di bawah ini:

	<i>Weight (t) at max. working radius</i>			
<i>Max. load (t)</i>	15 m	20 m	25 m	30 m
10	18	22	26	
15	24	28	34	
20		32	38	45
25		38	44	54
30		42	48	57
35		46	52	63

Gambar II.8. Estimasi Berat *Crane*

Sumber: Schneekluth & Betram, 1998

iii. Group III, untuk berat peralatan dan perlengkapan di ruang akomodasi (*living quarter*)

$$W_{III} = Vn \times C_{III}$$

Dimana:

$$Vn = \text{Volume bangunan yang akan dicari} \quad (\text{m}^3)$$

$$C_{III} = \text{Koefisien berat E\&O group III} \quad (\text{ton/m}^3)$$

= 160 ~ 170 kg/m<sup>2</sup> fungsi luasan tipe kapal kargo berukuran kecil dan sedang  
 = 60 ~ 70 kg/m<sup>3</sup> fungsi volume tipe kapal kargo berukuran kecil dan sedang  
 = 180 ~ 200 kg/m<sup>2</sup> fungsi luasan tipe kapal kargo dan tanker berukuran besar  
 = 80 ~ 90 kg/m<sup>3</sup> fungsi volume tipe kapal kargo dan tanker berukuran besar

iv. Group IV, untuk peralatan dan perlengkapan lainnya

$$W_{IV} = (L \times B \times H)^{2/3} \times C_{IV}$$

Dimana:

$$C_{IV} = 0.18 \sim 0.26 \quad (\text{ton/m}^2)$$

## 2. Berat *Deadweight Tonnage* (DWT)

Untuk DWT terdiri atas beberapa komponen, meliputi berat muatan (*payload*), bahan bakar, berat minyak pelumas, berat air tawar, berat *provision*, berat orang (*crew* dan penumpang), dan berat barang bawaan. Perhitungan DWT ini dilakukan untuk satu kali perjalanan *round trip* dan berikut penjabaran perhitungan DWT menurut (Schneekluth & Betram, 1998).

### a. Berat Muatan (*Payload*)

Merupakan berat total dari muatan yang dibawa di atas kapal. Besaran *payload* sudah ditentukan oleh pemilik kapal yang sudah terangkum dalam *owner requirement* dan juga menjadi landasan dasar bagi desainer untuk merancang kapal.

### b. Berat *Crew* dan *Consumables*

$$W_{C\&E} = C_{C\&E} \times n_{Crew} \quad (\text{ton})$$

Dimana:

$$C_{C\&E} = \text{Koefisien berat crew} \quad (\text{ton/orang})$$

$$C_{C\&E} = 0.17$$

$$n_{Crew} = \text{Jumlah crew} \quad (\text{orang})$$

### c. Berat Air Tawar (*Fresh Water*)

$$W_{FW} = C_{FW} \times n_{Crew} \quad (\text{ton/hari})$$

Dimana:

$C_{FW}$  = Koefisien berat air tawar (ton/orang hari)

$C_{FW} = 0.17$

d. Berat *Provision and Store*

$W_{PR} = C_{PR} \times n_{crew}$  (ton/hari)

Dimana:

$C_{PR}$  = Koefisien berat *provision and store* (ton/orang hari)

$C_{PR} = 0.01$

e. Berat Bahan Bakar *Heavy Fuel Oil (HFO)*

$W_{FO} = SFR \times MCR \times (R/Vs) \times Margin$  (ton)

Dimana:

$SFR$  = *Spesific Fuel Rate* (ton/kW jam)

$MCR$  = *Maximum Continous Rating* (kW)

$R$  = Jarak pelayaran (km)

$V_s$  = Kecepatan dinas kapal (m/s)

Margin= 10%

f. Berat Bahan Bakar *Marine Diesel Oil (MDO)*

$W_{DO} = C_{DO} \times W_{Fuel}$  (ton)

Dimana:

$C_{DO}$  = Koefisien berat bahan bakar MDO

$= 0.2$

g. Berat *Lubrication Oil* (Minyak Pelumas)

$W_{LO} = BHP \times \rho_{LO} \times (R/Vs) \times 10^{-6} \times 1.4$

Dimana:

$P_{LO}$  = Masa jenis minyak pelumas (ton/m<sup>3</sup>)

### 3. Titik Berat

Titik berat benda adalah suatu titik pada benda tersebut dimana berat dari seluruh bagian benda terpusat pada titik tersebut. Dasar teori itulah yang dijadikan landasan dalam merancang kapal, dimana perhitungan titik berat gabungan kapal merupakan gabungan dari seluruh komponen benda yang ikut terapung bersama kapal. Dalam perhitungan mencari titik berat terdapat dua jenis pendekatan, yaitu pendekatan dengan formula yang didapat dari hasil

penelitian dan pengujian, serta pendekatan terhadap bentuk-bentuk bidang dan ruang seperti persegi, persegi panjang, segi tiga, lingkaran, trapesium, dll.

Untuk perhitungan jarak titik berat kapal dapat dibagi menjadi dua macam, yaitu jarak titik berat secara memanjang (*longitudinal center of gravity / LCG*) untuk mengetahui dimana letak titik berat secara memanjang, yang pada umumnya menjadikan titik AP, *midship*, atau FP sebagai titik acuannya, dan jarak titik berat secara vertikal (*vertical center of gravity / VCG*) guna mengetahui letak titik berat secara vertikal, yang pada umumnya menjadikan dasar lunas (*keel*) sebagai titik acuan untuk mengukur VCG. Adapun formula yang digunakan untuk mencari letak titik berat gabungan, seperti yang di bawah ini:

$$LCG_{Tot} = \frac{(LCG_1 \times W_1) + (LCG_2 \times W_2) + (LCG_3 \times W_3) + \dots + (LCG_n \times W_n)}{(W_1 + W_2 + W_3 + \dots + W_n)}$$

$$VCG_{Tot} = \frac{(VCG_1 \times W_1) + (VCG_2 \times W_2) + (VCG_3 \times W_3) + \dots + (VCG_n \times W_n)}{(W_1 + W_2 + W_3 + \dots + W_n)}$$

#### 4. Batasan Berat dan Titik Berat

Kapal diharapkan dapat berlayar dengan kondisi ideal dari aspek berat dan titik beratnya, karena hal ini dapat berdampak pada aspek lainnya seperti lambung timbul, trim, dan stabilitas. Kondisi ideal yang dimaksud adalah kondisi dimana kapal tidak mengalami trim atau biasa disebut dengan istilah *even keel*. Adapun koreksi yang digunakan dalam mengkategorikan apakah kapal dalam kondisi *even keel* atau tidak, yaitu koreksi displasemen dan koreksi titik berat, dimana keduanya menggunakan aspek gaya apung (*bouyancy / B*) dan gaya berat (*gravity / G*) serta titik apung (*longitudinal center of bouyancy / LCB*) dan titik berat secara memanjang (*longitudinal center of gravity / LCG*).

##### a. Koreksi Displasemen

Merupakan koreksi yang digunakan untuk mengetahui selisih antara gaya apung dan gaya berat. Adapun batasan maksimum dari harga selisih antara gaya apung dan gaya berat sebesar 5 % dari harga gaya apung.

$$\frac{B-G}{B} \times 100 \% \leq 5 \%$$

Dimana:

B = Gaya apung atau displasemen (ton)

G = Gaya berat atau LWT + DWT (ton)

b. Koreksi Titik Berat

Koreksi titik berat merupakan koreksi yang digunakan untuk mengetahui selisih antara jarak titik apung dan jarak titik berat. Untuk batasan maksimum dari harga selisih antara jarak titik apung dan jarak titik berat sebesar 1 % dari harga panjang garis air.

$$\frac{LCB-LCG}{LWL} \times 100 \% \leq 1 \%$$

Dimana:

LCB = Jarak titik apung searah memanjang (m)

LCG = Jarak titik berat searah memanjang (m)

LWL = Panjang garis air (m)

#### II.1.10.6. Lambung Timbul Kapal

Lambung timbul atau biasa disebut *freeboard* adalah jarak yang diukur secara vertikal pada bagian *midship* kapal dari tepi garis geladak hingga garis air di area *midship*. *Freeboard* merupakan aspek penting dalam perencanaan desain kapal karena *freeboard* menjadi daya apung cadangan kapal dan memiliki dampak langsung terhadap keselamatan. Terdapat beberapa peraturan mengenai batasan-batasan dari *freeboard* yaitu (*International Maritime Organization (IMO), 2005*).

Dalam menentukan besaran *freeboard* menurut ICLL, tipe kapal dibedakan menjadi dua tipe menurut kriterianya, yaitu:

- Kapal Tipe A, adalah kapal yang memiliki kriteria seperti:
  - Kapal yang didesain memuat muatan cair curah
  - Kapal dengan akses bukaan ke kompartemen yang kecil, serta ditutup penutup bermaterial baja yang kedap.
  - Kapal dengan kemampuan menyerap air atau gas yang rendah pada ruang muat yang terisi penuh.
  - Contoh jenis kapal yang termasuk pada tipe A adalah *Tanker* dan *LNG Carrier*.
- Kapal Tipe B, adalah kapal yang tidak memenuhi kriteria dari kapal tipe A.

Untuk perhitungan besar nilai *freeboard* dilakukan dengan menggunakan batas tinggi minimum *freeboard* yang sudah ditentukan sesuai tabel *freeboard*, dan penambahan

atau pengurangan dari beberapa koreksi yang telah ditentukan. Adapun tahapan dalam menentukan besaran tinggi minimum *freeboard*, seperti:

1. Menentukan besar tinggi minimum *freeboard* yang sudah ditentukan dalam tabel *freeboard* sesuai tipe kapal yang berdasarkan fungsi panjang kapal ( $F_1$ ). Apabila ukuran panjang kapal tidak tersedia, maka dilakukan interpolasi untuk mendapatkan nilai  $F_1$ .

2. Untuk kapal dengan panjang antara 24 - 100 meter dilakukan koreksi penambahan tinggi *freeboard* ( $F_2$ ) dengan formula:

$$F_2 = 7.5 (100 - L)(0.35 - E/L) \quad (\text{mm})$$

atau,

$$F_2 = 0.09 (328 - L)(0.35 - E/L) \quad (\text{inches})$$

Dimana:

$L$  = Panjang kapal dalam satuan *feet* (ft)

$E$  = Panjang efektif dari *superstructure* (m)

3. Dilakukan koreksi penambahan koefisien blok ( $C_B$ ), apabila kapal memiliki harga  $C_B$  lebih dari 0.68 ( $F_3$ ), dengan formula:

$$F_3 = (C_B + 0.68)/1.36 \quad (\text{mm})$$

4. Kapal dengan ukuran tinggi lebih dari  $L/15$  maka dilakukan koreksi penambahan tinggi ( $F_4$ ), dengan formula:

$$F_4 = (D - L/15) R \quad (\text{mm})$$

Dimana:

$$R = L/0.48 \quad L < 120 \text{ m}$$

$$R = 250 \quad L > 120 \text{ m}$$

5. Koreksi pengurangan tinggi *freeboard* dapat dilakukan berdasarkan fungsi panjang efektif *superstructure* ( $F_5$ ) dengan ketentuan di bawah ini:

Tabel II.6. Harga Koreksi  $F_5$  Untuk Kapal Tipe B

Panjang Efektif <i>Superstructure</i>	Kapal Tanpa <i>Detached Bridge</i>	Kapal Dengan <i>Detached Bridge</i>
0.0 L	0	0
0.1 L	5	6.3
0.2 L	10	12.7

0.3 L	15	19
0.4 L	23.5	27.5
0.6 L	46	46
0.7 L	63	63
0.8 L	75.3	75.3
0.9 L	87.7	87.7
1.0 L	100	100

#### II.1.10.7. Stabilitas Kapal

Stabilitas kapal adalah kemampuan kapal untuk kembali kepada kedudukan kesetimbangan dalam kondisi air tenang ketika kapal mengalami gangguan dalam kondisi tersebut. Suatu kapal dapat bertahan dalam pelayaran ditentukan oleh stabilitas kapal. Hal-hal yang memegang peranan penting dalam stabilitas kapal antara lain:

1. Titik K (*keel*) yaitu titik terendah kapal yang umumnya terletak pada lunas.
  2. Titik B (*bouyancy*) yaitu titik tekan ke atas dari volume air yang dipindahkan oleh bagian kapal yang tercelup di dalam air.
  3. Titik G (*gravity*) yaitu titik tekan ke bawah yang merupakan titik pusat dari berat kapal.
  4. Titik M (*metacentre*) yaitu titik perpotongan antara vektor gaya tekan ke atas pada keadaan tetap dengan vektor gaya tekan ke atas pada sudut oleng.
- Keseimbangan statis suatu benda dibedakan atas tiga macam, yaitu :
    1. Keseimbangan stabil, kondisi dimana letak titik G berada di bawah titik M.
    2. Keseimbangan labil, kondisi dimana letak titik G berada di atas titik M.
    3. Keseimbangan *indeferent*, kondisi dimana letak titik berat G berimpit dengan titik M.

Terdapat beberapa metode dalam menentukan stabilitas kapal. Untuk metode yang digunakan untuk desain SPSHB ini sesuai dengan metode yang dijelaskan oleh (Manning) yang mempertimbangkan besar lengan pengembali GZ. Untuk perhitungan GZ dapat didapatkan seperti berikut:

$$GZ = GG' \sin \phi + b_1 \sin 2\phi + b_2 \sin 4\phi + b_3 \sin 6\phi$$

Dimana:

$\Phi$  = sudut inklinasi

$$GG' = KG' - KG$$

$$\begin{aligned}
b_1 &= \frac{9 \times (G'B_{90} - G'B_0)}{8} - \frac{G'M_0 - G'M_{90}}{32} \\
b_2 &= \frac{G'M_0 + G'M_{90}}{8} \\
b_3 &= \frac{3 \times G'M_0 - G'M_{90}}{32} - \frac{3 \times (G'B_{90} - G'B_0)}{8}
\end{aligned}$$

Stabilitas kapal yang didesain dibuktikan secara teoritis sesuai dengan kriteria stabilitas yang diatur oleh (Intact Stability Code 1974, pengembangan dari (IMO 1974), 2008). Ada beberapa kriteria persyaratan dalam perhitungan stabilitas kapal sebagai berikut:

- Luasan minimum di bawah kurva lengan statis GZ sampai dengan sudut oleng 30° adalah 0.055 m.rad.
- Luasan minimum di bawah kurva lengan statis GZ sampai dengan sudut oleng 40° adalah 0.09 m.rad.
- Luasan minimum di bawah kurva lengan statis GZ antara sudut oleng 30°-40° adalah 0.03 m.rad.
- Lengan statis GZ pada sudut oleng  $\geq 30^\circ$  tidak boleh kurang dari 0.20 m.
- Jarak GM pada sudut oleng 0° tidak boleh kurang dari 0.15 m.
- Lengan statis (GZ) maksimum terjadi tidak boleh kurang dari 25°.

Kriteria kondisi muatan dalam perhitungan stabilitas kapal yang digunakan pada penelitian ini mengacu berdasarkan peraturan (*International Maritime Organization* (IMO), 2008) dan (*Joint Working Group on Dredger Operation at Reduced Freeboard*, 2010) yaitu:

1. Terdapat Muatan

- a. *Hopper* terisi 10 % muatan homogen hingga sampai ke tepi atas *hopper* dengan massa jenis kepadatan sesuai yang direncanakan. (massa jenis = 1.42 ton/m<sup>3</sup>).

Perhitungan stabilitas dihitung pada 3 kondisi yaitu:

- Persediaan dan bahan bakar dalam kondisi penuh 100 % (*Loadcase 1*).
- Persediaan dan bahan bakar dalam kondisi penuh 50 % (*Loadcase 2*).
- Persediaan dan bahan bakar dalam kondisi penuh 10 % (*Loadcase 3*).

- b. *Hopper* terisi 50 % muatan homogen hingga sampai ke tepi atas *hopper* dengan massa jenis kepadatan sesuai yang direncanakan. (massa jenis = 1.42 ton/m<sup>3</sup>).

Perhitungan stabilitas dihitung pada 3 kondisi yaitu:

- Persediaan dan bahan bakar dalam kondisi penuh 100 % (*Loadcase 4*).
- Persediaan dan bahan bakar dalam kondisi penuh 50 % (*Loadcase 5*).



- Persediaan dan bahan bakar dalam kondisi penuh 10 % (*Loadcase 6*).
- c. *Hopper* terisi 100 % muatan homogen hingga sampai ke tepi atas *hopper* dengan massa jenis kepadatan sesuai yang direncanakan. (massa jenis =  $1.42 \text{ ton/m}^3$ ).
- Perhitungan stabilitas dihitung pada 3 kondisi yaitu:
- Persediaan dan bahan bakar dalam kondisi penuh 100 % (*Loadcase 7*).
  - Persediaan dan bahan bakar dalam kondisi penuh 50 % (*Loadcase 8*).
  - Persediaan dan bahan bakar dalam kondisi penuh 10 % (*Loadcase 9*).
- d. *Hopper* terisi 10 % muatan homogen hingga sampai ke tepi atas *hopper* dengan massa jenis kepadatan sesuai yang direncanakan dan kapal mengalami *split*. (massa jenis =  $1.42 \text{ ton/m}^3$ ).
- Perhitungan stabilitas dihitung pada 3 kondisi yaitu:
- Persediaan dan bahan bakar dalam kondisi penuh 100 % (*Loadcase 10*).
  - Persediaan dan bahan bakar dalam kondisi penuh 50 % (*Loadcase 11*).
  - Persediaan dan bahan bakar dalam kondisi penuh 10 % (*Loadcase 12*).
- e. *Hopper* terisi 50 % muatan homogen hingga sampai ke tepi atas *hopper* dengan massa jenis kepadatan sesuai yang direncanakan dan kapal mengalami *split*. (massa jenis =  $1.42 \text{ ton/m}^3$ ).
- Perhitungan stabilitas dihitung pada 3 kondisi yaitu:
- Persediaan dan bahan bakar dalam kondisi penuh 100 % (*Loadcase 13*).
  - Persediaan dan bahan bakar dalam kondisi penuh 50 % (*Loadcase 14*).
  - Persediaan dan bahan bakar dalam kondisi penuh 10 % (*Loadcase 15*).
- f. *Hopper* terisi 10 0% muatan homogen hingga sampai ke tepi atas *hopper* dengan massa jenis kepadatan sesuai yang direncanakan dan kapal mengalami *split*. (massa jenis =  $1.42 \text{ ton/m}^3$ ).
- Perhitungan stabilitas dihitung pada 3 kondisi yaitu:
- Persediaan dan bahan bakar dalam kondisi penuh 100 % (*Loadcase 16*).
  - Persediaan dan bahan bakar dalam kondisi penuh 50 % (*Loadcase 17*).
  - Persediaan dan bahan bakar dalam kondisi penuh 10 % (*Loadcase 18*).

#### **II.1.10.8. Trim Kapal**

Pada dasarnya stabilitas kapal dibedakan menjadi dua jenis yaitu stabiitas memanjang (saat kapal terjadi trim) dan stabilitas melintang (saat kapal terjadi oleng). Stabilitas melintang pada kapal sudah dibahas padaa Sub Bab II.9.7 Pada Sub Bab ini akan dibahas

mengenai stabilitas memanjang (kondisi trim). Trim terjadi karena perbedaan letak titik gaya apung dan titik gaya berat. Hal ini mengakibatkan perbedaan sarat pada bagian depan dan belakang kapal. Trim merupakan kondisi yang pasti terjadi dikarenakan perubahan kondisi muatan ya (*International Maritime Organization (IMO), 2009*)ng secara otomatis akan mengakibatkan perubahan letak titik berat kapal. Pemeriksaan kondisi trim ini mengacu pada (*International Maritime Organization (IMO), 2009*)di mana batasan-batasan yang diizinkan adalah 0.5 % LWL.

#### **II.1.11. Perhitungan Pembangunan Kapal**

Dalam proses merancang kapal terdapat dua aspek yang harus diperhitungkan, yaitu aspek teknis dan aspek ekonomis yang saling berkaitan, dimana hasil dari analisa teknis dapat mempengaruhi perhitungan ekonomis, begitu juga sebaliknya. Salah satu tujuan dari proses mendesain kapal yang utama adalah mampu menghasilkan desain kapal dengan kriteria teknis yang memenuhi persyaratan dan mampu meningkatkan efisiensi pada aspek ekonomis. Aspek ekonomis yang dipertimbangkan dalam mendesain kapal antara lain dibedakan menjadi dua jenis biaya, yaitu biaya pembangunan yang merupakan kebutuhan biaya untuk membangun kapal dari tahap awal hingga kapal selesai dibangun, serta biaya operasional kapal yang mana merupakan biaya yang perlu dikeluarkan selama kapal beroperasi.

Menurut (PERTAMINA, 2007) pada dasarnya biaya pembangunan terdiri dari dua jenis biaya yaitu biaya langsung (*direct cost*) dan biaya tidak langsung (*indirect cost*). *Direct cost* merupakan jenis biaya yang secara langsung dikeluarkan untuk pembangunan fisik kapal, antara lain adalah biaya untuk pembelian material dan baja, sistem dan permesinan, biaya pekerja, biaya *launching* dan *testing*, serta biaya inspeksi dan sertifikasi. Sementara *indirect cost* adalah biaya yang digunakan untuk membiayai kebutuhan kapal secara tidak langsung seperti biaya desain, biaya asuransi, biaya pengiriman barang, biaya garansi, dll. Terdapat 5 tahapan dalam perhitungan estimasi biaya pembangunan berdasarkan tingkat akurasi dan kelengkapan data-data dari setiap *equipment* yang digunakan. Estimasi biaya pembangunan memiliki tingkat akurasi yang berbeda-beda sesuai dengan tingkat penyelesaian pekerjaan.

##### **1. Conceptual or screening estimate (estimate class 5)**

Estimasi yang dibuat berdasarkan data proyek sejenis yang pernah dibuat di waktu lalu atau menggunakan *parametric model*, *judgement*, dan *analogy*. Estimasi ini dibuat dengan tingkat penyelesaian lingkup pekerjaan 0% s.d. 2% dan memiliki tingkat akurasi berkisar antara batas bawah -20% s.d. -50% dan batas atas +30% s.d. +100%.

##### **2. Study or feasibility estimate (estimate class 4)**

Estimasi yang dibuat berdasarkan *equipment factored* atau menggunakan *parametric model*. Dibuat dengan tingkat penyelesaian lingkup pekerjaan 1% s.d. 15% dan memiliki tingkat keakurasian berkisar antara batas bawah -15% s.d. -30% dan batas atas +20% s.d. +50%.

### 3. *Budgetary or control estimate (estimate class 3)*

Estimasi yang dibuat dengan menggunakan metode *semi-detailed unit cost* yaitu estimasi yang dibuat berdasarkan data-data *equipment* yang lebih terperinci. Estimasi ini dibuat dengan tingkat penyelesaian lingkup pekerjaan 10% s.d. 40% dan memiliki tingkat keakurasian berkisar antara batas bawah -10% s.d. -20% dan batas atas +10% s.d. +30%.

### 4. *Control or bid/tender estimate (estimate class 2)*

Estimasi yang dibuat dengan menggunakan metode *detailed unit cost* yaitu estimasi yang dibuat berdasarkan data-data *equipment* yang lengkap/detail. Estimasi ini dibuat dengan tingkat penyelesaian lingkup pekerjaan 30% s.d. 70% dan memiliki tingkat keakurasian berkisar antara batas bawah -5% s.d. -15% dan batas atas +5% s.d. +20%.

### 5. *Check estimate (estimate class 1)*

Estimasi yang dibuat menggunakan metode *detailed unit cost* dilengkapi dengan detail material *take-off*, yaitu estimasi yang dibuat berdasarkan data-data *equipment* dan jumlah material yang akurat. Estimasi ini dibuat dengan tingkat penyelesaian lingkup pekerjaan 50% s.d. 100% dan memiliki keakurasian berkisar antara batas bawah -3% s.d. -10% dan batas atas +3% s.d. +15%. Pada tahap *conceptual or screening estimate* digunakan estimasi biaya untuk setiap komponen berdasarkan persentase dari masing-masing komponen menurut (PERTAMINA, 2007) sebagai berikut:

Tabel II.7. Persentase Komponen Biaya Pembangunan Kapal

Cost	Detail	%
Direct Cost	1. Hull Part	
	1.a. Steel plate and profile	21.00
	1.b. Hull outfit, deck machiney and accommodation	7.00
	1.c. Piping, valves and fittings	2.50
	1.d. Paint and cathodic protection/ICCP	2.00
	1.e. Coating (BWT only)	1.50
	1.f. Fire fighting, life saving and safety equipment	1.00
	1.g. Hull spare part, tool, and inventory	0.30
	Subtotal (1)	35.30
	2. Machinery Part	
	2.a. Propulsion system and accessories	12.00
	2.b. Auxiliary diesel engine and accessories	3.50
	2.c. Boiler and Heater	1.00

	2.d. Other machinery in in E/R	3.50
	2.e. Pipe, valves, and fitting	2.50
	2.f. Machinery spare part and tool	0.50
	Subtotal (2)	23.00
	3. Electric Part	
	3.a. Electric power source and accessories	3.00
	3.b. Lighting equipment	1.50
	3.c. Radio and navigation equipment	2.50
	3.d. Cable and equipment	1.00
	3.e. Electric spare part and tool	0.20
	Subtotal (3)	8.20
	4. Construction cost	
	Consumable material, rental equipment and labor	20.00
	Subtotal (4)	20.00
	5. Launching and testing	
	Subtotal (5)	1.00
	6. Inspection, survey and certification	
	Subtotal (6)	1.00
	TOTAL I (sub 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6)	88.50
<b>Cost</b>	<b>Detail</b>	<b>%</b>
	7. Design cost	3.00
	8. Insurance cost	1.00
<b>Indirect Cost</b>	9. Freight cost, import duties, IDC, Q/A, guarantee engineer, handling fee, guarantee & warranty cost.	2.50
	TOTAL II (sub 7+ 8 + 9)	6.50
<b>Margin</b>	TOTAL III	5.00
	GRAND TOTAL (I + II + III)	100.00

#### II.1.12. Proses Bongkar Muat

Proses bongkar muat dibeda kan menjadi dua yaitu:

##### 1. Proses Bongkar

Proses bongkar dilakukan dengan sistem *self un-loading*. *Self un-loading* yaitu melakukan bongkar muat sendiri dengan cara lambung kapal terbagi menjadi dua sehingga muatan pada kapal dapat dikeluarkan.

##### 2. Proses Muat

Proses Muat dilakukan dengan menggunakan alat berat berupa *excavator*. Muatan yang diangkut berupa pasir sebanyak 19 - 20 juta m<sup>3</sup> (tribunnews.com, 2016). Pasir tersebut berasal dari Lombok Barat dan Lombok Timur dimana Lombok Barat memiliki persediaan sebanyak 10 juta m<sup>3</sup> dan Lombok Timur memiliki persediaan sebanyak 10 juta m<sup>3</sup> (kompas.com, 2011). Pada Gambar II.9 terlihat bahwa denah Pelabuhan Lembar, Lombok, Pelabuhan Lembar memiliki fasilitas dan tempat bongkar muat di empat Dermaga. Empat Dermaga tersebut terdiri

dari Dermaga Nusantara I, Dermaga Nusantara II, Dermaga Lokal dan Dermaga Pelra (PT. Pelindo, 2015) Proses muatan pasir Lombok dilakukan di Dermaga Lokal.



Gambar II.9. Pelabuhan Lembar, Lombok

Sumber: <http://www.maps.google.com>, 2017

Pada Tabel II.8 terlihat bahwa Dermaga Lokal memiliki panjang 150 m, lebar 10 m dan kedalaman kolam mencapai 4 m. Proses muat dilakukan oleh dua buah *Hydraulic excavator*. *Hydraulic excavator* yang digunakan memiliki tipe 365 C dan merupakan pabrikan Caterpillar.

Tabel II.8. Dermaga Pelabuhan Lembar, Lombok

Lokasi	Dermaga	Panjang (m)	Lebar (m)	Kedalaman Kolam (M LWS)
A	Dermaga Nusantara I	162.5	15	-7
B	Dermaga Nusantara II	100	15	-6
C	Dermaga Lokal	150	10	-4
D	Dermaga Pelra	40	10	-4

Sumber: [http:// www.pelindo.co.id](http://www.pelindo.co.id)



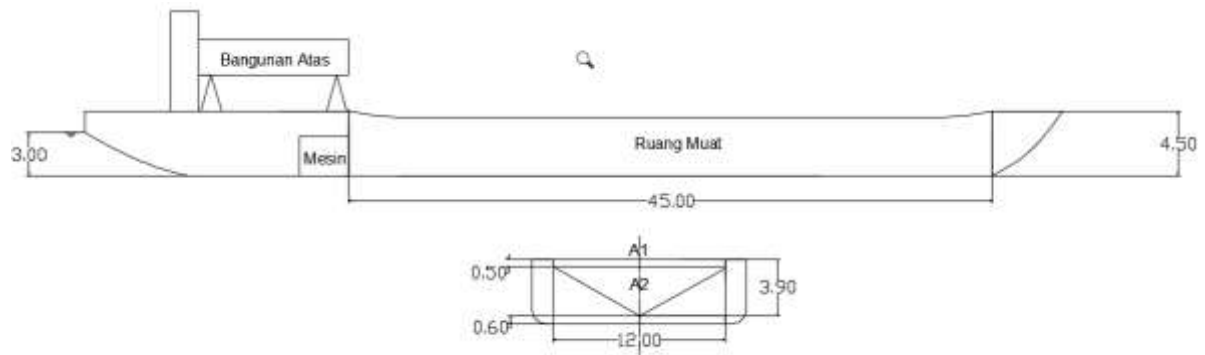
Gambar II.10. *Hydraulic Excavator*

Sumber: Caterpillar, 2008

Pada Gambar II.10 adalah *Hydraulic Excavator 365 C*. *Hydraulic Excavator 365 C* memiliki kapasitas keruk mencapai  $4.6 \text{ m}^3$  (Caterpillar, 2008). *Excavator* tersebut memiliki waktu operasional selama kurang lebih 20 detik untuk satu kali keruk dan buang. *Excavator 365 C* ditempatkan di Dermaga Lokal untuk memenuhi proses muat pasir dari Dermaga kedalam kapal. Dua kapal berlabuh bersamaan di Dermaga Lokal untuk proses muat. Proses muat memakan waktu kurang lebih 1 jam 20 menit untuk satu kali muat di kapal yang memiliki *payload*  $1100 \text{ m}^3$ . Sehingga untuk proses muat akan memakan waktu kurang lebih 7 jam untuk 10 kapal. Hal tersebut sesuai dengan jam kerja pekerja pelabuhan yaitu 8 jam/hari (Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 60, 2014)

### II.1.13. *Layout Awal*

Dalam mendesain sebuah kapal diperlukan layout awal kapal untuk menunjukkan gambaran umum mengenai desain yang akan dibentuk. Berikut merupakan *layout* awal untuk *Self-Propelled Split Hopper Barge* yang dapat dilihat pada Gambar II.11.



Gambar II.11. *Layout Awal*

## II.2. Tinjauan Pustaka

Dalam proses pengerjaan Tugas Akhir meninjau karya-karya sebelumnya untuk dijadikan referensi dalam penulisan dan pengerjaan. Tinjauan Pustaka yang terancam diantaranya yaitu:

### II.2.1. Tugas Akhir

Proses pengerjaan Tugas Akhir melakukan Tinjauan Pustaka di beberapa Tugas Akhir terdahulu diantaranya adalah Tugas Akhir karya Ghafiqi Wijdan Haq, 2015 yang berjudul “*Desain Self-Propelled Container Barge (SPCB) Pengangkut Peti Kemas Berebasis Jalur Sungai Pada Program Tol Sungai Cikarang Bekasi Laut (CBL) – Tanjung Priok*” dan Tugas Akhir karya Muhammad Rizal Arsyad Jaelani, 2016 yang berjudul “*Desain Dredger Berbasis Jalur Sungai Pada Program Tol Sungai Cikarang Bekasi Laut (CBL) – Tanjung Priok*”.

Tugas Akhir karya Ghafiqi Wijdan Haq, 2015 membicarakan tentang kapal tongkang bermuatan peti kemas melalui sungai Cikarang Bekasi Laut (CBL). Tugas Akhir tersebut dijadikan referensi untuk perhitungan teknis dan desain pada kapal tongkang.

Tugas Akhir karya Muhammad Rizal Arsyad Jaelani, 2016 membicarakan tentang kapal keruk yang beroperasi di sungai Cikarang Bekasi Laut (CBL). Tugas Akhir tersebut dijadikan referensi untuk model optimasi dan perhitungan stabilitas.

### II.2.2. Jurnal

Proses pengerjaan Tugas Akhir melakukan Tinjauan Pustaka di jurnal DR-67 Joint Working Grup. Jurnal tersebut membahas tentang freeboard, stabilitas dll. DR-67 Joint Working Grup menjelaskan beberapa kondisi stabilitas kapal keruk diantaranya:

1. Kondisi muatan homogen penuh dan kosong dengan variasi bahan bakar dan persediaan 100%, 50 %, dan 10 %

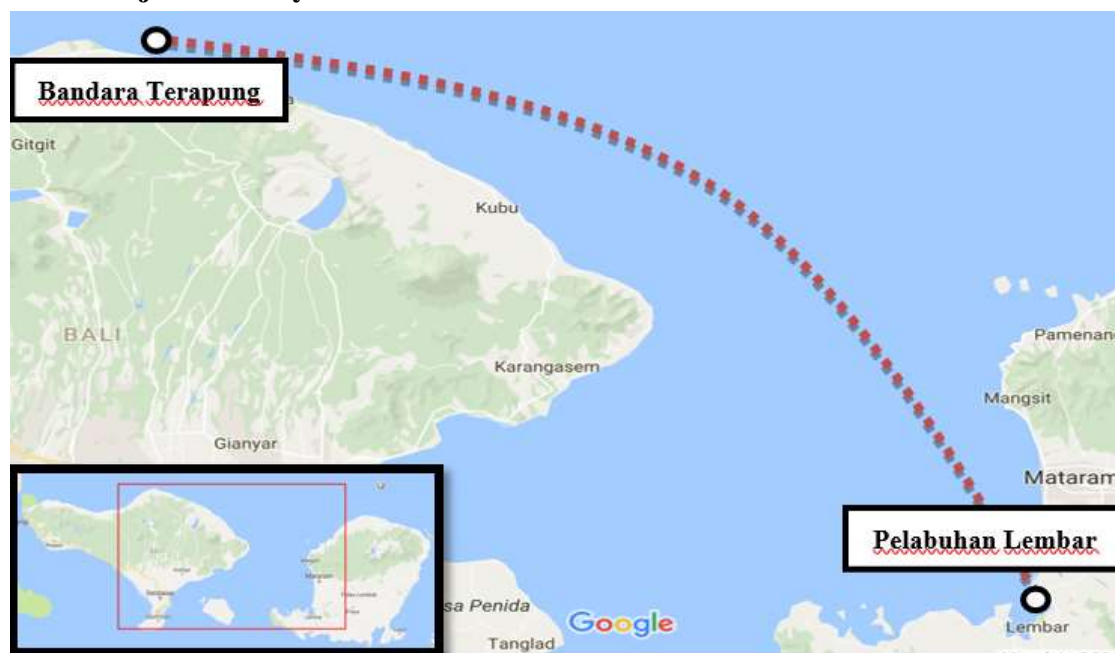
2. Kondisi muatan heterogen penuh dan kosong dengan variasi bahan bakar dan persediaan 100%, 50 %, dan 10 %
3. Kondisi kapal melakukan pembelahan lambung (*Split*) dengan variasi muatan, bahan bakar dan persediaan 100%, 50 %, dan 10 %

### II.2.3. Peraturan Klasifikasi

Proses pengerjaan Tugas Akhir mengacu pada beberapa peraturan klasifikasi diantaranya peraturan klasifikasi *Bureau Veritas Ch. XIII “Ships for Dredging Activity”* dan Korean Register Ch III “*Rules for the Towing Survey of Barges and Tugboats*”.

Pada Ch. XIII B.V membicarakan tentang lambung, stabilitas, sistem propulsi, sistem pengerukan dll. Ch. XIII Sub Bab lambung terdapat jenis ruang muat kapal pengerukan, hal tersebut dijadikan acuan dalam membuat ruang muat. Pada Ch III K.R membicarakan tentang hambatan pada kapal tongkang dimana K.R telah memformulasikan hitungan hambatan kapal tongkang. Formulasi tersebut dijadikan acuan dalam menghitung hambatan SPSHB.

### II.3. Tinjauan Wilayah



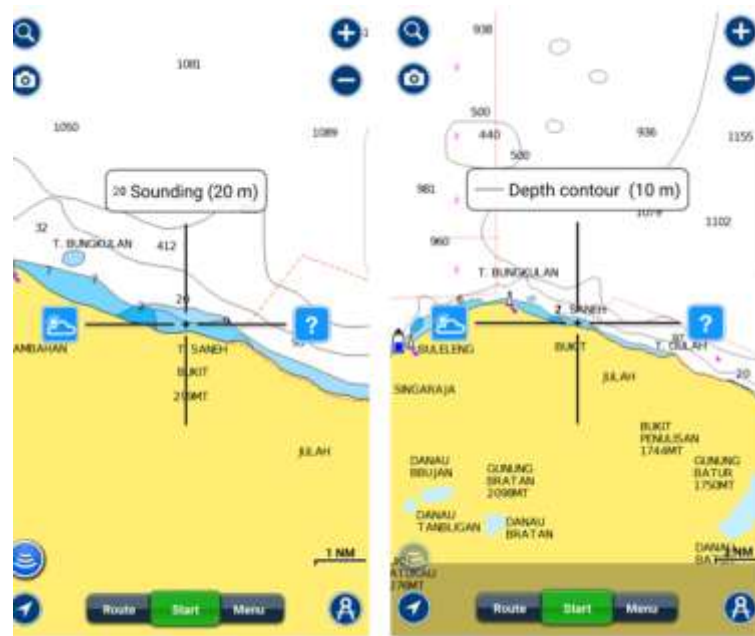
Gambar II.12. Jalur Pelayaran Kapal SPSHB

Sumber: <http://www.google.maps.com>, 2017

Bandara Terapung, Bali memiliki luasan sebesar 100 Ha. Pasir yang dibutuhkan untuk membuat bandara terapung sebesar 19 - 20 juta m<sup>3</sup> (tribunnews.com, 2016). Pasir yang digunakan untuk memenuhi pembangunan Bandara Terapung adalah pasir Pulau Lombok. Pada Gambar II.12 terlihat bahwa Jalur Pelayaran Kapal SPSHB jalur pelayaran kapal SPSHB



berawal dari Pelabuhan Lembar, Lombok menuju Kab. Buleleng, Bali. Pelayaran tersebut menempuh jarak 125 km. SPSHB melewati perairan selat Bali dimana arus perairan selat Bali yaitu tenang, sehingga kecil kemungkinan kapal mengalami gangguan stabilitas saat melakukan pelayaran.



Gambar II.13. Kedalaman Perairan Kabupaten Buleleng,Bali

Sumber: Navionics, 2017

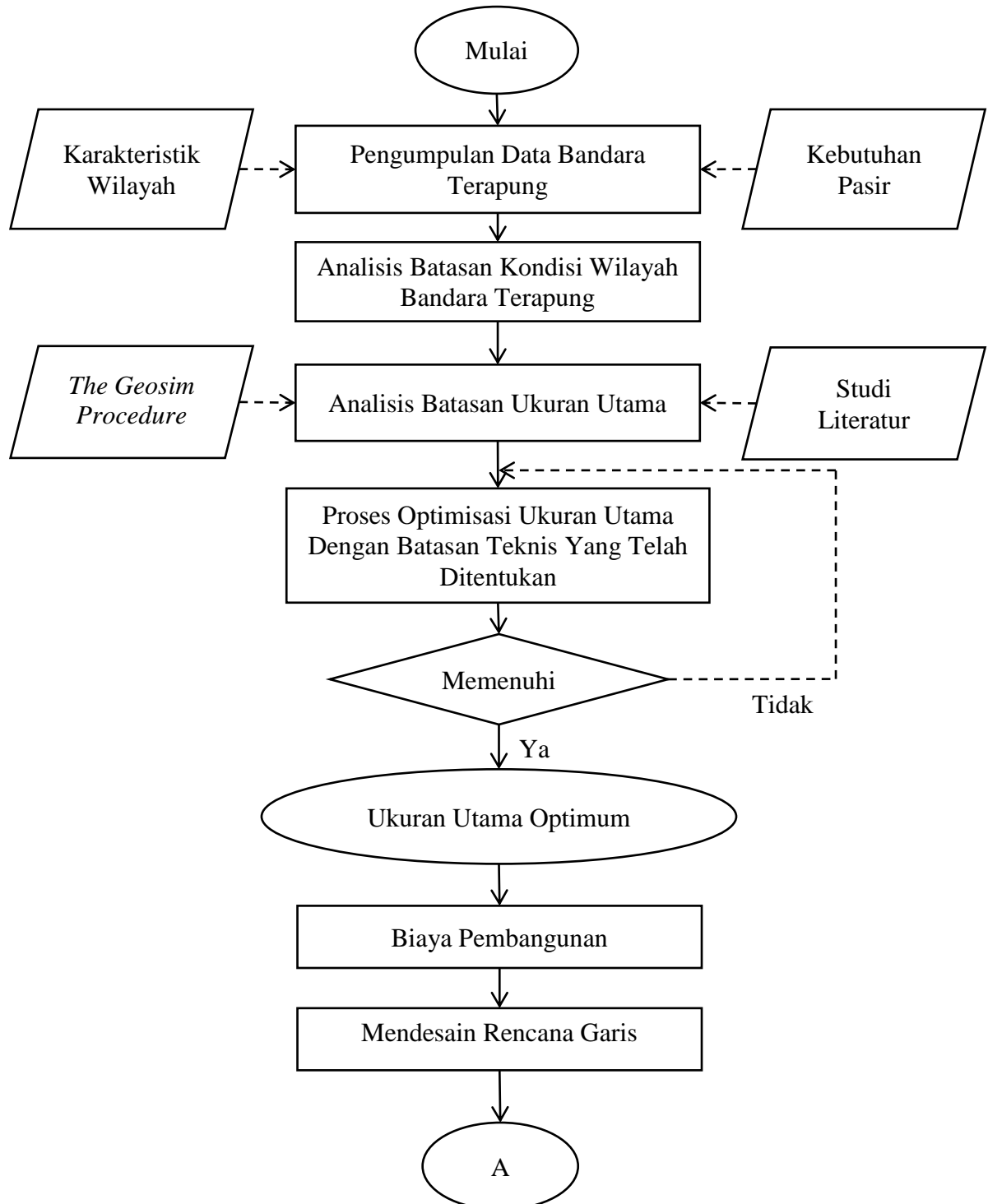
Pada Gambar II.13 terlihat bahwa hasil pengukuran kedalaman laut menunjukan salah satu aplikasi smart phone. Hasil kedalaman menunjukan perairan Kabupaten Buleleng memiliki kedalaman 20 m dan kedalaman permukaan 10 m. Kabupaten Buleleng, Bali berada di utara Bali, hal tersebut mengakibatkan gelombang dan arus di wilayah tersebut tenang. Sehingga kemungkinan kecil kapal mengalami gangguan stabilitas saat melakukan bongkar muatan.

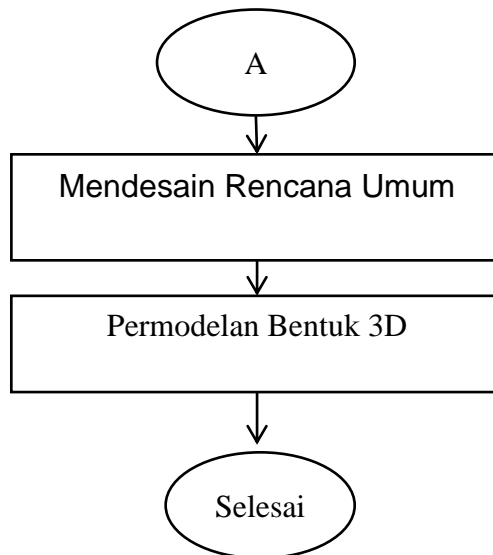
Halaman ini sengaja dikosongkan

## BAB III METODOLOGI

### III.1. Metode

Berikut adalah diagram alir pengerjaan Tugas Akhir yang ditunjukkan pada Gambar III.1.





Gambar III.1. Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

### III.2. Langkah Pengerjaan

Tahapan pengerjaan yang akan dilakukan dari tahapan awal pengumpulan data hingga tahapan akhir menggambar desain 3 Dimensi.

#### III.2.1. Pengumpulan Data

Hal yang pertama kali dilakukan dalam proses pengerjaan Tugas Akhir adalah pengumpulan data yang dilakukan dengan tujuan mendapatkan data yang digunakan sebagai acuan untuk proses perhitungan kedepannya. Jenis data yang digunakan adalah data sekunder, hal ini dikarenakan keterbatasan dalam melakukan pengumpulan data secara primer. Berikut data yang dibutuhkan dalam penelitian ini:

##### 1. Kebutuhan Pasir Pembangunan Bandara Terapung Kab. Buleleng Bali

Dalam pembangunan bangunan terapung dibutuhkan beberapa komponen diantaranya adalah pasir. Untuk data sekunder kebutuhan pasir Pembangunan Bandara Terapung Kab. Buleleng, Bali didapatkan dari surat kabar *online* [tribunnews.com](http://tribunnews.com) yang di unduh pada tahun 2015.

##### 2. Ketersediaan Pasir di Pulau Lombok

Pulau Lombok merupakan salah satu tambang pasir terbesar di Indonesia. Untuk data sekunder ketersediaan pasir di Pulau Lombok didapatkan dari surat kabar *online* [tempo.com](http://tempo.com) yang di unduh pada tahun 2015.

### 3. Karakteristik Pelabuhan Lembar, Lombok

Data yang di dalamnya terdapat penjelasan mengenai data teknis Pelabuhan Lembar, Lombok. Data ini diperlukan guna dijadikan acuan dalam menentukan sarat minimum kapal. Untuk data teknis Pelabuhan Lembar, Lombok didapatkan secara sekunder dari situs resmi milik PT. Pelindo.

#### **III.2.2. Pembuatan Spreadsheet Penentuan Ukuran Utama Awal**

*Self-Propelled Split Hopper Barge* (SPSHB) merupakan jenis kapal yang tergolong baru dan keberadaan kapal yang masih terbatas membuat kapal dengan kriteria seperti ini sulit untuk ditemukan untuk dijadikan kapal acuan dalam penentuan ukuran utama awal dengan metode kapal pembanding. Oleh karena itu, metode yang digunakan dalam penentuan ukuran utama awal adalah dengan menggunakan metode *The Geosim Procedure*. *The Geosim Procedure* merupakan metode penentuan ukuran utama yang digunakan ketika sebuah permintaan memiliki kesamaan geometris dengan kapal pembanding.

#### **III.2.3. Pembuatan Spreadsheet Perhitungan Teknis**

Pembuatan *spreadsheet* perhitungan teknis digunakan sebagai *constrain* dalam proses optimisasi ukuran utama. *Spreadsheet* perhitungan teknis yang digunakan meliputi perhitungan rasio dan koefisien, hambatan kapal, kebutuhan sistem propulsi, pembagian ruang muat, berat dan titik berat, lambung timbul, dan stabilitas kapal, yang sebelumnya telah disesuaikan dengan dasar teori yang ada.

#### **III.2.4. Pembuatan Spreadsheet Perhitungan Ekonomis**

Perhitungan ekonomis meliputi perhitungan biaya pembangunan, yang dijadikan *objective function* dari proses optimisasi ukuran utama kapal, dimana dengan tujuan kapal yang dibangun dapat menghasilkan biaya pembangunan seminimal mungkin dengan batasan teknis yang terpenuhi.

#### **III.2.5. Perhitungan Optimisasi Ukuran Utama**

Metode penentuan ukuran utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan metode optimisasi, dimana metode optimisasi adalah metode yang digunakan untuk mencari nilai optimum baik itu nilai maksimum ataupun minimum dari suatu fungsi

matematis. Pada metode ini, fungsi tidak dapat berdiri sendiri tetapi ada batasan-batasannya, oleh karena itu sebelum dilakukannya perhitungan dengan metode tersebut, harus terlebih dahulu dilakukan penentuan *objective function*, *variabel design*, *parameter*, *constant*, dan *constrain*.

#### 1. *Objective Function*

Fungsi objektif merupakan fungsi dari *design variable* yang akan menghasilkan suatu harga, apakah tujuan dari penelitian ingin mencari nilai maksimum atau minimum. Untuk *objective function* yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah biaya pembangunan yang paling minimum.

#### 2. *Variabel Design*

Adalah nilai yang akan dicari berdasarkan *objective function*. Nilai ini akan menyesuaikan dengan *constrain* yang ada guna mendapatkan fungsi objektif yang optimum. *Variable design* yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah panjang kapal, lebar kapal, sarat kapal, dan tinggi kapal.

#### 3. *Parameter*

Adalah nilai yang ditetapkan sebagai acuan dalam proses perhitungan, seperti kapasitas muatan kapal yang sudah ditentukan berdasarkan *owner requirement*.

#### 4. *Constant*

Adalah besaran nilai yang sudah pasti dan tidak akan berubah selama proses optimisasi. Konstanta yang digunakan diantaranya adalah, berat jenis air tawar, berat jenis air laut, berat jenis muatan, gravitasi, dll.

#### 5. *Constrain*

Adalah nilai-nilai yang digunakan sebagai batasan dari perhitungan optimisasi, dimana hasil dari perhitungan teknis dengan input *design variable* tidak diperbolehkan untuk melewati batasan yang telah disesuaikan dengan aturan yang berlaku. *Constrain* yang digunakan diantaranya meliputi, batasan *Froude Number*, rasio ukuran utama, koreksi berat, koreksi titik berat, lambung timbul, stabilitas kapal, dan batasan perairan sungai.

### **III.2.6. Pembuatan Rencana Garis**

Pembuatan gambar Rencana Garis diawali dengan bantuan *software Maxsurf Modeler Advance* untuk pembuatan model awal hingga didapatkan desain yang sesuai dengan sifat hidrostatis dari kapal tersebut, meliputi kesesuaian ukuran utama, berat, titik berat, dan koefisien-koefisien. Apabila model sudah sesuai dengan hidrostatis dalam perhitungan, maka Rencana Garis yang meliputi *Body Plan*, *Sheer Plan*, dan *Half Breadth Plan* dapat dipindahkan

dari *Maxsurf* dan diselesaikan dengan bantuan *software AutoCAD* untuk dilakukan pendetailan gambar.

### **III.2.7. Pembuatan Gambar Rencana Umum**

Gambar Rencana Umum (*General Arrangement*) merupakan gambar yang berisi tentang *layout* dan denah tata letak ruang di atas kapal. Pembuatan gambar Rencana Umum sepenuhnya dikerjakan dengan bantuan *software AutoCAD* yang memanfaatkan *outline* dari Rencana Garis yang sudah dikerjakan sebelumnya.

### **III.2.8. Pembuatan Permodelan 3D**

Pembuatan model 3D bertujuan memodelkan kapal yang telah didesain dan dihitung perhitungan teknis dan ekonomis. Pembuatan permodelan 3D dapat membantu orang-orang awam untuk membaca desain kapal secara jelas.

Halaman ini sengaja dikosongkan



## **BAB IV**

### **ANALISIS TEKNIS *SPLIT HOPPER BARGE***

#### **IV.1. Desain Statement**

Proses mendesain kapal memiliki tujuan agar produk kapal yang dihasilkan dapat mengakomodir seluruh permintaan dari pemilik kapal yang terangkum dalam *owner requirement*. *Owner requirement* merupakan kumpulan dari ketentuan yang berasal dari permintaan pemilik kapal yang selanjutnya akan dijadikan acuan dasar bagi desainer dalam merancang suatu kapal.

Seiring dengan isu yang dipublikasikan oleh pemerintah pusat mengenai program pembangunan Bandara Terapung Kab. Buleleng Bali yang dikembangkan oleh PT. Angkasa Pura II yang merupakan sarana penunjang pariwisata dan pemerataan kawasan Bali. Pembangunan Bandara Terapung tersebut di rencanakan akan di bangun selama 5 tahun. Pembangunan Bandara Terapung, Bali membutuhkan sarana laut berupa kapal untuk memindahkan material dari darat ke laut. Dari pernyataan di atas, maka dapat disimpulkan bahwa data *owner requirement* dari Program Bandara Terapung Kab. Buleleng, Bali sebagai berikut:

1. Jenis kapal yang digunakan untuk program ini adalah *Self-Propelled Split Hopper Barge (SPSHB)*, mengingat kapal SPSHB memiliki kelebihan kecepatan proses bongkar muat.
2. Jenis muatan yang akan dimuat adalah pasir kering sesuai dengan program yang dicanangkan untuk memngangkut pasir dari kawasan Lombok yaitu 20 juta m<sup>3</sup>.
3. Kapal milik Pemerintah
4. Waktu pembangunan Bandara Terapung selama 5 tahun (Mahendra, 2013)
5. Kapal didesain dengan kecepatan 8 knot (4,116 m/detik), dengan estimasi waktu pelayaran normal yang dibutuhkan adalah 9 jam untuk pelayaran satu arah.
6. Radius pelayaran dari Kab. Buleleng menuju Pelabuhan Lembar Lombok sepanjang 125 km.

Data di atas merupakan data yang akan digunakan sebagai parameter acuan dalam mendesain SPSHB pada program Bandara Terapung secara umum. Untuk besar kebutuhan terhadap kapasitas muatan dapat dihitung dengan langkah di bawah ini:

Diketahui kebutuhan kapasitas muatan adalah pasir, oleh karena itu kebutuhan *payload* adalah:

$$\text{Payload} = \text{Jumlah Pasir} / (\text{Waktu Pembangunan Bandara} \times \text{Jumlah Kapal})$$

$$\text{Jumlah Pasir} = 20 \text{ Juta m}^3$$

$$\text{Waktu Pembangunan} = 5 \text{ Tahun}$$

$$\text{Jumlah Kapal} = 10 \text{ Kapal}$$

$$\text{Massa Jenis Pasir} = 1,42 \text{ ton/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Payload} &= 20.000.000 / (365 \times 5) \times (10) \\ &= 1100 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

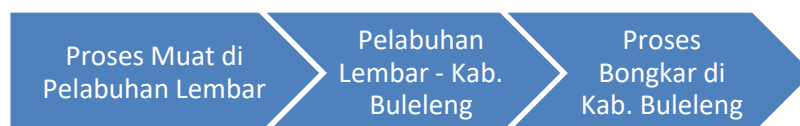
$$\text{Payload} = 1560 \text{ ton}$$

Sedangkan estimasi kebutuhan awal DWT (*Deadweight Tonnage*) dapat dihitung dengan:

$$\text{DWT}_{\text{Awal}} = \text{Payload} + 10 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Payload} &= 1560 \text{ ton} \\ &= 1560 + 10\% \\ &= 1720 \text{ ton} \end{aligned}$$

#### IV.2. Skema Bongkar Muat



Gambar IV.1. Skema Bongkar Muat

Dalam pembangunan Bandara Terapung, Kab. Buleleng dibutuhkan material pasir. Material pasir tersebut didapatkan dari Pulau Lombok. Material pasir yang direncanakan berasal dari Lombok Timur dan Lombok Barat (tempo.co, 2016). Pada Gambar IV.1 terlihat bahwa skema bongkar muat. Skema bongkar muat dapat dijelaskan sebagai berikut:

##### 1. Proses Muat

Material pasir yang telah dikeruk kemudian diangkut menggunakan *truck* menuju Dermaga Lokal, Pelabuhan Lembar. Pada Dermaga Lokal tersedia 2 hydraulic excavator berkapasitas keruk 4,6 m<sup>3</sup>. Proses muat membutuhkan waktu kurang lebih 1 jam 20 menit untuk satu kapal berkapasitas 1100 m<sup>3</sup> sehingga untuk 10 kapal kurang lebih membutuhkan waktu 7 jam.

## 2. Pelayaran Kapal

Pelayaran kapal dari Pelabuhan Lembar - Kab. Buleleng – Pelabuhan Lembar membutuhkan waktu kurang lebih 8 jam 30 menit dengan kecepatan dinas kapal yaitu 8 knots.

## 3. Proses Bongkar

Proses bongkar dilakukan di perairan Kab Buleleng dimana proses bongkar membutuhkan waktu beberapa menit, hal itu terjadi karena proses bongkar muatan dilakukan oleh kapal yang melakukan pembelahan pada bagian lambung. Material pasir yang ada di kapal ditumpahkan ke lautan melalui lambung yang terbuka. Pada Gambar IV.2. terlihat bahwa proses bongkar muatan kapal *Split Hopper Barge*.



Gambar IV.2. *Split Hopper Barge Self-Unloading*

Sumber: <http://www.google.photos.com>, 2016

## IV.3. Sistem Kecedapan Kapal

*Self-Propelled Split Hopper Barge* memiliki suatu sistem kekedapan. Sistem kekedapan tersebut berfungsi untuk mencegah air masuk ke ruang muat karena hal itu dapat mengakibatkan kelebihan muatan dan tenggelam. SPSHB menggunakan sistem kekedapan berupa rubber seal. Rubber seal yang digunakan kedap terhadap air dan hewan laut yang berada di atas *bottom door* maupun di bawahnya.



Gambar IV.3. Skema *Rubber Seal Self-Propelled Split Hopper barge*

Pada Gambar IV.3 terlihat bahwa bentuk dari rubber seal. *Rubber seal* di letakkan di *bottom door* dan tidak dipasang di kedua sisi melainkan hanya di satu sisi, hal itu dilakukan untuk meminimalkan harga *rubber seal* yang di keluarkan dalam satu kapal. Serta bentuk dari rubber seal dan baja pengikatnya tidak lurus melainkan membentuk segitiga sama kaki bertujuan agar air yang masuk ke *bottom door* memiliki jarak yang lebih jauh dibandingkan bentuk lurus sehingga kemungkinan terjadi kebocoran dan kemasukan air dan hewan laut lebih kecil.

#### IV.4. Pinch Point

*Self-Propelled Split Hopper Barge* memiliki suatu sistem konstruksi agar ketika melakukan pembelahan lambung (*self-unloading*) bangunan atas kapal tidak ikut bergerak. Sistem konstruksi tersebut disebut *pinch point*. *Pinch point* berfungsi untuk menjaga bangunan atas agar diam ketika SPSHB melakukan pembelahan lambung (*self-unloading*).



Gambar IV.4. *Pinch Point*

Pada Gambar IV.4 terlihat bahwa bentuk dari *pinch point* tersebut. Dari bentuk tersebut dapat dilihat *pinch point* memiliki suatu engsel yang berfungsi untuk menjaga bangunan atas tetap diam ketika melakukan pembelahan. Terdapat dua engsel dalam *pinch point* tersebut. Satu engsel berfungsi untuk mengunci bangunan atas agar tetap terjaga dan satunya untuk mengikuti lambung kapal yang melakukan pembelahan.

#### IV.5. Sistem Perpipaan SPSHB

*Self-Propelled Split Hopper Barge* memiliki sistem perpipaan yang berbeda dengan kapal lainnya, karena pada SPSHB terjadi pembelahan yang mengakibatkan lambung *starboard*

*side* dan *port side* terpisah. Sehingga dalam pendistribusian fuel dan fresh water dibutuhkan sistem perpipaan yang khusus.



Gambar IV.5. Sistem Perpipaan

Pada Gambar IV.5 terlihat bahwa sistem perpipaan kapal SPSHB. Pada sistem perpipaan tersebut terdapat dua jenis *hoses* yaitu *fix hoses* dan *flexible hoses*. *Fix hoses* digunakan untuk pendistribusian satu sisi kapal dan *flexible hoses* digunakan untuk menghubungkan pipa-pipa *starboard side* dan *port side*.

#### IV.6. Penentuan Batasan Ukuran Utama

Pada umumnya untuk jenis kapal dengan jumlah keberadaan yang masih terbatas seperti kapal SPSHB menggunakan metode *Geosim Procdure* dalam menentukan ukuran utama awal. Langkah awal dalam menggunakan metode ini adalah menentukan terlebih dahulu kapal pembanding yang akan digunakan. Kapal pembanding ditentukan berdasarkan kesamaan jenis kapal dan muatan yang diangkut. Berikut merupakan kapal pembanding yang digunakan dalam menentukan batasan ukuran utama:

Tabel IV.1. Data Kapal Pembanding

Nama Kapal	DWT (ton)	Dis. (ton)	L (m)	B (m)	T (m)	H (m)	C <sub>D</sub>	C <sub>B</sub>
Hua Quan 66	3000	4000	64.50	16,00	4.51	5.60	0.750	0.838
Fedra	924	1232	57.22	11.00	3.42	4.00	0.750	0.558
Gemok 154	2500	3333.3	56.00	18.00	4,13	6.20	0,750	0,781
Concepcion	3400	4533.33	76.40	17.25	3.60	5.85	0.750	0.932

Setelah didapatkan data ukuran utama kapal pembeding, maka dilakukan perhitungan batasan ukuran utama awal menggunakan metode Geosim seperti di bawah ini:

1. Batasan ukuran utama kapal yang akan dirancang ( $L_2$ ,  $B_2$ ,  $T_2$ , dan  $H_2$ ,) didapat dari ukuran utama kapal acuan ( $L_1$ ,  $B_1$ ,  $T_1$ , dan  $H_1$ ,) yang dikalikan dengan koefisien geometris ( $K$ ).
2. Koefisien geometris ( $K$ ) didapatkan dari persamaan Geosim di bawah ini:

Dengan contoh perhitungan menggunakan kapal acuan Sinar Padang.

Diketahui:

$$K = L_2 / L_1$$

$$(L_2/L_1)^3 = W_2 / W_1$$

$$L_2 / L_1 = (W_2 / W_1)^{1/3}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} W_2 &= \text{DWT kapal yang dirancang} \\ &= 1720 \quad \text{ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_1 &= \text{DWT kapal acuan} \\ &= 1570 \text{ ton} \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} L_2 / L_1 &= (1720 / 1570)^{1/3} \\ &= 1.0309 \end{aligned}$$

$$K = 1.0309$$

3. Ukuran utama kapal yang dirancang didapatkan dari perhitungan:

$$\begin{aligned} L_2 &= K \times L_1 \\ &= 1,0309 \times 60,86 \\ &= 62.7396 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_2 &= K \times B_1 \\ &= 1.0309 \times 10.90 \\ &= 11.2366 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_2 &= K \times T_1 \\ &= 1.0309 \times 3.37 \\ &= 3.47408 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_2 &= K \times H_1 \\ &= 1.0309 \times 4.05 \\ &= 4.175 \text{ m} \end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan dari empat kapal pembanding, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel IV.2. Batasan Ukuran Utama Menggunakan Metode Geosim

	<b>LPP (m)</b>	<b>B (m)</b>	<b>T (m)</b>	<b>H (m)</b>
Hua Quan 66	53,58	13,29	3,75	4,65
Fedra	70.39	13.53	4.21	4.92
Gemok 154	49.44	15.89	3.65	5.47
Cenception	60.88	13.74	2.87	4.66
<b>Nilai Minimum</b>	49.44	13,29	2.87	4.65
<b>Nilai Maksimum</b>	70.39	15.89	4.21	5.47

Jika dilihat pada tabel IV.2 maka dapat ditentukan batasan minimum dan maksimum yang dapat digunakan sebagai batasan variabel dari ukuran utama pada tahapan proses optimisasi. Untuk perhitungan lebih lengkap dapat dilihat di Lampiran A.

#### **IV.7. Proses Model Optimisasi SPSHB**

##### **IV.7.1. Penentuan Variable Model Optimisasi SPSHB**

Variabel yang digunakan untuk melakukan proses optimisasi ukuran utama SPSHB antara lain adalah ukuran panjang kapal, lebar kapal, sarat kapal, dan tinggi kapal. Ukuran utama awal digunakan dari salah satu kapal pembanding yang telah dilakukan penyesuaian ukuran dengan metode Geosim. Kapal pembanding yang digunakan adalah kapal SPSHB M.V Conception, dengan ukuran utama:

- L = 60.88 m
- B = 13.74 m
- T = 2.87 m
- H = 4.66 m

##### **IV.7.2. Penentuan Batasan Model Optimisasi SPSHB**

Adapun batasan yang digunakan dalam proses optimisasi ukuran utama SPSHB, sebagai berikut:

###### **1. Batasan Variabel Ukuran Utama**

Bertikut ini merupakan batasan minimum dan maksimum dari variabel ukuran utama kapal:

Tabel IV.3. Batasan Variabel Optimisasi

Ukuran Utama Kapal	Nilai Minimum (m)	Nilai Maksimum (m)
Panjang Kapal (L)	49.44	70.39
Lebar Kapal (B)	13.29	15.89
Sarat Kapal (T)	2.87	4.21
Tinggi Kapal (H)	4.65	5.47

Pada Tabel IV.3 merupakan nilai batasan minimum dan maksimum yang digunakan sebagai batasan variable optimisasi. Data tersebut dihasilkan dari persamaan geometris metode *geosim*.

## 2. Batasan *Froude Number* ( $F_n$ )

Berikut merupakan batasan *froude number* ( $F_n$ ) yang digunakan:

$$F_n = \frac{V}{\sqrt{g \times L}}$$

Dimana:

$V$  = Kecepatan kapal  
= 8.00 knot

$L_{\min}$  = 49.44 m

$L_{\max}$  = 70.39 m

Maka:

$F_{n_{\min}}$  = 0.159

$F_{n_{\max}}$  = 0.187

## 3. Batasan Rasio Ukuran Utama

Untuk batasan rasio ukuran utama SPSHB ditentukan dengan besaran harga seperti berikut:

- $3.5 < L/B < 10$
- $1.8 < B/T < 5$
- $10 < L/T < 30$

## 4. Batasan Berat dan Titik Berat

Di bawah ini merupakan batas maksimum dan minimum dari koreksi berat dan titik berat kapal:

- Untuk koreksi berat ditentukan batasan nilai maksimum dari selisih antara gaya apung ( $\Delta$ ) dan gaya berat ( $LWT+DWT$ ) terhadap dispasemen adalah 2 - 10%.



- Sedangkan untuk koreksi titik berat, nilai maksimum dari selisih antara jarak titik gaya apung (LCB) dan jarak titik gaya berat (LCG) terhadap panjang garis air (LWL) adalah 1%.

#### 5. Batasan *Freeboard*

Untuk besaran nilai dari batasan minimum *freeboard* dapat disesuaikan dengan peraturan (International Convention on Load Lines 1966, pengembangan dari (IMO 1966), 2005). Batasan terdiri dari batas jarak minimum *freeboard* yang sudah diatur dalam tabel *freeboard* serta penambahan dan pengurangan ukuran *freeboard* dikarenakan adanya koreksi pada beberapa aspek.

### IV.7.3. Penentuan *Objective Function*

*Objective function* adalah hubungan dari semua atau beberapa variabel serta parameter yang nilainya akan dioptimalkan. *Objective function* juga disesuaikan dengan tujuan dari proses optimisasi yang diharapkan yaitu nilai minimum atau maksimum. Pada proses optimisasi dalam penelitian ini memiliki tujuan untuk mendapatkan ukuran utama kapal optimal yang mampu meningkatkan efisiensi dari biaya pembangunan, dengan mempertimbangkan aspek teknis untuk memenuhi persyaratan teknis yang ada. Oleh sebab itu, nilai paling minimum dari biaya pembangunan akan menjadi *objective function*.

### IV.7.4. *Running Model Iterasi Solver*

Dalam melakukan perhitungan optimisasi, dapat digunakan berbagai macam metode perhitungan, untuk proses optimisasi penentuan ukuran utama SPSHB kali ini digunakan proses optimisasi dengan bantuan program *Solver* pada perangkat lunak *Microsoft-Excel 2010*. Program *Solver* sendiri merupakan program optimisasi dengan menggunakan metode iterasi *Generalized Reduced Gradient (GRG) Non-linear* yang digunakan pada pemecahan permasalahan *smooth non-linear*. Untuk mendapatkan ukuran utama kapal yang optimal terdapat beberapa tahapan yang perlu untuk diperhatikan, dengan langkah sebagai berikut:

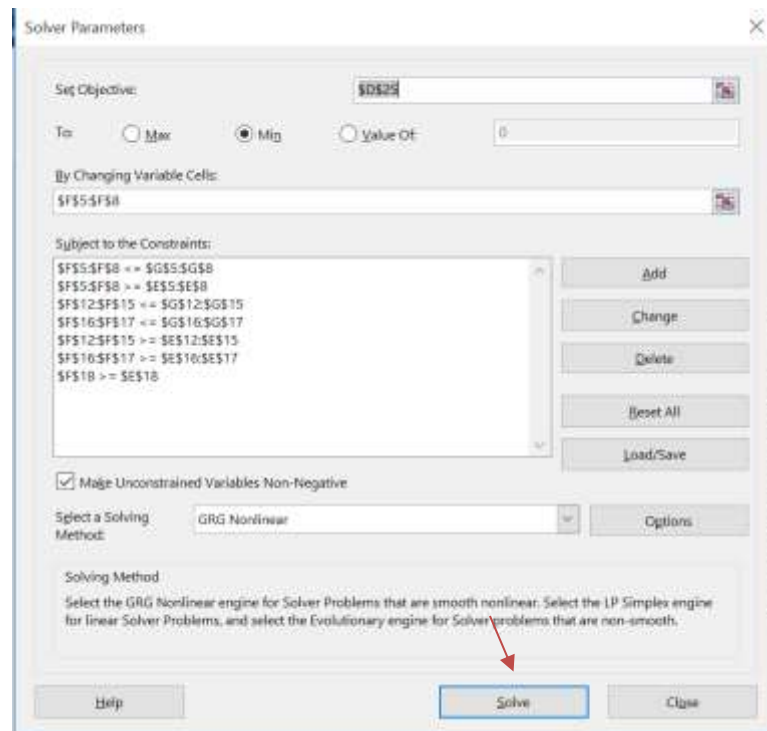
1. Membuat model *solver* pada *Microsoft-Excel 2010* dengan menginput data-data dari *spreadsheet* perhitungan yang digunakan sebagai *constrain* selama proses optimisasi berlangsung ke dalam tabel model optimisasi, dimana di dalamnya disediakan untuk *cell* bagi *changing variable*, *constrain* dan *objective function*.

Tabel IV.4. Model Optimisasi

OPTIMIZING						
CHANGING VARIABLE						
	ITEM	UNIT	SYMBOL	MIN	VALUE	MAX
Main Dimensions	Length	m	L	49,437		68,558
	Breadth	m	B	13,292		15,890
	Draft	m	T	2,868		3,834
	Height	m	H	4,652		5,473
CONSTRAINT						
	ITEM	UNIT	SYMBOL	MIN	VALUE	MAX
Froude Number	$F_n = V / (g \times L_{pp})^{0.5}$		$F_n$	0,159		0,187
Ratio	Length / Breadth		L/B	3,500		10,000
	Breadth / Draft		B/T	1,800		5,000
	Length / Draft		L/T	10,000		30,000
Displacement	Displacement Correction ( $\Delta - (LWT + DWT)$ )	%		2,000		10,000
Center of Mass	Center of Mass Correction (LCB - LCG)	%		0,000		1,000
Freeboard	Minimum freeboard	mm	$F_s$	1,082		
OBJECTIVE FUNCTION						
	ITEM	UNIT	VALUE			
Building Cost	Direct Cost	\$				
	Indirect Cost	\$				
	Margin Cost	\$				
	Total Cost	\$				

Pada Tabel IV.4 terlihat bahwa model optimisasi. Setelah membuat model optimisasi tersebut maka langkah selanjutnya adalah memproses program *solver* dengan cara menginput data ke dalam *solver parameters*:

- i. Menentukan *objective function* dengan memasukan *cell* biaya pembangunan dan memilih opsi untuk membuat minimum harga.
  - ii. Memasukan *cell* dari *changing variable* berupa ukuran utama dan menentukan batasannya.
  - iii. Menambahkan *constrain* dari komponen batasan yang sudah ditentukan dan memilih hubungan antar *cell*. ( $\leq$ ,  $=$ , atau  $\geq$ ).
  - iv. Apabila semua data sudah lengkap dan benar dimasukkan, maka model *solver* siap untuk diproses dengan cara klik tombol "Solve".
2. Setelah diproses maka keluarlah hasil dari optimisasi berupa ukuran kapal yang optimum, apabila hasil *solver* sudah sesuai dengan yang diharapkan maka dipilih tombol "Keep Solver Solution", apabila tidak maka pilih tombol "Restore Original Values" untuk mengembalikan ke harga semula



Gambar IV.6. Solver Parameters

Dari proses optimisasi dengan bantuan program *solver* yang telah dilakukan, maka didapatkan hasil ukuran utama optimal dan perhitungan teknis sebagai berikut:

Tabel IV.5. Hasil Perhitungan Metode Iterasi *Solver*

OPTIMIZING							
CHANGING VARIABLE							
	ITEM	UNIT	SYMBOL	MIN	VALUE	MAX	STATUS
Main Dimensions	Length	m	L	49,437	58,81	68,558	ACCEPTED
	Breadth	m	B	13,292	13,29196	15,890	ACCEPTED
	Draft	m	T	2,868	3,50704	3,834	ACCEPTED
	Height	m	H	4,652	4,65219	5,473	ACCEPTED
CONSTRAINT							
	ITEM	UNIT	SYMBOL	MIN	VALUE	MAX	STATUS
Froude Number	$F_n = V / (g \times L_{pp})^{0.5}$		$F_n$	0,159	0,171	0,187	ACCEPTED
Ratio	Length / Breadth		L/B	3,5	4,425	10	ACCEPTED
	Breadth / Draft		B/T	1,8	3,790	5	ACCEPTED
	Length / Draft		L/T	10	16,770	30	ACCEPTED
Displacement	Displacement Correction ( $\Delta - (LWT + DWT)$ )	%		2	2,000	10	ACCEPTED
Center of Mass	Center of Mass Correction (LCB - LCG)	%		0	1,000	1	ACCEPTED
Freeboard	Minimum freeboard	mm	$F_s$	1,082	1,145		ACCEPTED
OBJECTIVE FUNCTION							
	ITEM	UNIT	VALUE				
Building Cost	Direct Cost	\$	1751309,873				
	Indirect Cost	\$	129043,0879				
	Margin Cost	\$	99263,91373				
	Total Cost	\$	1979616,874				

#### IV.8. Analisis Terhadap Hasil Optimisasi SPSHB

##### IV.8.1. Analisis Rasio dan Koefisien

Setelah didapatkan ukuran utama optimal, maka tahapan awal adalah melakukan perhitungan rasio dan koefisien. Berikut merupakan analisa terhadap hasil perhitungan rasio dan koefisien:

Diketahui:

$$\begin{array}{llll} L_{PP} = 58.81 & \text{m} & V_s = 8.00 & \text{kn} \\ B = 13.29 & \text{m} & = 4.12 & \text{m/s} \\ T = 3.51 & \text{m} & \rho = 1.025 & \text{ton/m}^3 \text{ (air laut)} \\ H = 4.65 & \text{m} & g = 9.81 & \text{m/s}^2 \end{array}$$

Dari data yang diketahui, maka didapatkan besar rasio ukuran utama sebagai berikut:

Tabel IV.6. Rekapitulasi Rasio Ukuran Utama

Rasio	Min	Harga	Max	Status	Keterangan Harga Rasio Rasio
L/B	3.5	4.42	10.0	Memenuhi	Memiliki hambatan kapal cukup besar
B/T	1.8	3.79	5.0	Memenuhi	Memiliki stabilitas yan kaku
L/T	10	16.77	30	Memenuhi	Memiliki kekuatan memanjang yang cukup

Berikut hasil perhitungan terhadap koefisien-koefisien kapal mengacu pada formula yang dijelaskan oleh (Suhardjito, 2014):

Tabel IV.7. Rekapitulasi Harga Koefisien

Koefisien	Harga
<i>Froude Number (Fn)</i>	0.171
<i>Block Coefficient (C<sub>B</sub>)</i>	0.822
<i>Midship Coefficient (C<sub>M</sub>)</i>	0.996
<i>Prismatic Coefficient (C<sub>P</sub>)</i>	0.826
<i>Waterplane Coefficient (C<sub>WP</sub>)</i>	0.890

Pada Tabel IV.7 terlihat bahwa hasil rekapitulasi harga koefisien. Untuk perhitungan lebih detail dapat dilihat di Lampiran A. Rekapitulasi harga koefisien dapat dianalisis sebagai berikut:

- Dikarenakan  $F_n$  merupakan fungsi dari kecepatan dinas dan panjang kapal, dimana harga  $F_n$  adalah konstan.
- Dari hasil perhitungan di atas dapat dijelaskan bahwa harga  $C_B$  merupakan fungsi dari  $F_n$ . Secara tidak langsung bahwa perhitungan  $C_B$  sangat dipengaruhi oleh kecepatan dinas dan panjang kapal. Apabila kecepatan dinas kapal semakin tinggi maka menghasilkan  $C_B$  yang semakin besar, sedangkan apabila panjang kapal semakin besar maka menghasilkan  $C_B$  yang semakin kecil. Pada kasus kapal SPSHB ini dapat dilihat bahwa rasio kecepatan kapal memiliki harga yang kecil sehingga menghasilkan  $C_B$  yang cukup besar.
- Hasil perhitungan  $C_M$  menjadi besar karena harga berbanding lurus dengan harga  $C_B$ , mengingat harga  $C_B$  yang tidak kecil mengakibatkan harga  $C_M$  menjadi besar dan hampir menyerupai kotak.
- Harga  $C_P$  dari suatu kapal akan mempengaruhi besar hambatan kapal yang digunakan dalam pertimbangan untuk menentukan beberapa koefisien hambatannya.
- Besaran harga  $C_{WP}$  dipengaruhi oleh harga  $C_B$  dan  $C_M$  yang terakumulasi menjadi  $C_P$ , harga  $C_{WP}$  berbanding lurus dengan harga  $C_P$  dan biasa digunakan dalam perhitungan untuk penentuan luasan permukaan basah.

Setelah diketahui besaran masing-masing koefisien, maka ditentukan besar harga panjang garis air, displasemen, dan jarak terhadap titik apung kapal. Seperti perhitungan di bawah ini:

- *Length of Waterline ( $L_{WL}$ )*

$$\begin{aligned}LWL &= 104 \% L_{pp} \\ &= 61.17 \quad \text{m}\end{aligned}$$

- Displasemen Ton ( $\Delta$ )

$$\begin{aligned}\Delta &= L \times B \times T \times C_B \times \rho \\ &= 2403.35 \quad \text{ton}\end{aligned}$$

- Volume Displasemen ( $V$ )

$$\begin{aligned}V &= L \times B \times T \times C_B \\ &= 2344.73 \quad \text{m}^3\end{aligned}$$

#### IV.8.2. Analisis Hambatan Kapal

Analisis hambatan Self-Propelled Split Hopper Barge mengacu pada perhitungan hambatan yang dikeluarkan oleh *Korean Register*. Dalam peraturan K.R (*Korean Register, 2010*) hambatan kapal tongkang di bagi menjadi tiga yaitu:

##### 1. Hambatan Gesek

$$R_f = 0.000136 F_1 A_1 V^2 \quad (\text{ton})$$

Dimana:

$F_1$  = Koefisien lambung (0.8)

$A_1$  = Permukaan dibawah sarat

$V$  = Kecepatan kapal (knots)

##### 2. Hambatan Gelombang

$$R_w = 0.014 C F_2 A_2 V^2 \quad (\text{ton})$$

Dimana:

$C$  = Koefisien hambatan laut (1.2)

$A_2$  = Luasan midship section di bawah sarat ( $\text{m}^2$ )

$V$  = Kecepatan kapal (knots)

$F_2$  = Koefisien haluan kapal

##### 3. Hambatan Udara

$$R_a = 0.0000195 C_s C_H A_3 (V_w + V)^2 \quad (\text{ton})$$

Dimana:

$A_3$  = Luasan kapal di atas sarat ( $\text{m}^2$ )

$V$  = Kecepatan kapal (knots)

$C_s$  = Koefisien bentuk lambung

Hambatan total *Self-Propelled Split Hopper Barge* adalah penjumlahan dari hambatan gesek (9.21 kN), hambatan gelombang (37.59 kN) hambatan udara (0,503 kN), hambatan tambahan (1 kN) sebesar 48.300 kN. Untuk perhitungan lebih detail dapat dilihat di Lampiran A.

#### IV.8.3. Analisis Kebutuhan Daya Mesin Induk

Pada jenis kapal SPSHB yang memiliki sarat yang rendah umumnya memiliki dua baling-baling (*twin-screw*). Berikut hasil dari perhitungan kebutuhan mesin induk untuk pelayaran perairan sungai:

##### 1. *Effective Horse Power (EHP)*

Tabel IV.8. Kebutuhan Daya EHP

Komponen	Harga	Satuan	Keterangan
$R_T$	48.300	kN	Kebutuhan satu kapal
$V_s$	4.115	m/s	$V_s = 8 \text{ kn}$
EHP	198.765	kW	Kebutuhan satu kapal
	266.548	HP	Kebutuhan satu kapal
EHP/ <sub>SCREW</sub>	99.382	kW	Kebutuhan satu <i>screw</i>
	133.274	HP	Kebutuhan satu <i>screw</i>

Pada table IV.8 terlihat bahwa hambatan yang dialami SPSHB yaitu sebesar 48.289 kN dan memiliki EHP sebesar 198.765 kW atau 99.382 kW/*screw*. Untuk perhitungan lebih detail dapat dilihat di Lampiran A.

##### 2. *Delivery Horse Power (DHP)*

Tabel IV.9. Kebutuhan Daya DHP

Komponen	Harga	Satuan	Keterangan
w	0.19762	-	Untuk kapal <i>twin screw</i>
T	0.19834	-	Untuk kapal <i>twin screw</i> dengan strut
$\eta_H$	0.99911	-	-
$\eta_R$	0.99677	-	Untuk $P/D = 1.00$
$\eta_O$	0.550	-	Untuk estimasi awal
$\eta_D$	0.54774	-	-
EHP	198.765	kW	Kebutuhan satu kapal
DHP	362.883	kW	Kebutuhan satu kapal
	486.634	HP	Kebutuhan satu kapal
DHP/ <sub>SCREW</sub>	181.442	kW	Kebutuhan satu <i>screw</i>
	243.317	HP	Kebutuhan satu <i>screw</i>

Pada table IV.9 terlihat bahwa DHP SPSHB sebesar 362.883 kW atau 181.442 kW/*screw*. Untuk perhitungan lebih detail dapat dilihat di Lampiran A.

### 3. Shaft Horse Power (SHP)

Tabel IV.10. Kebutuhan Daya SHP

Komponen	Harga	Satuan	Keterangan
$\eta_s \eta_B$	0.98	-	Untuk kamar mesin dibelakang
DHP	362.883	kW	Kebutuhan satu kapal
SHP	370.289	kW	Kebutuhan satu kapal
	496.565	HP	Kebutuhan satu kapal
SHP/SCREW	185.144	kW	Kebutuhan satu <i>screw</i>
	248.283	HP	Kebutuhan satu <i>screw</i>

Pada table IV.10 terlihat bahwa SHP SPSHB sebesar 370.289 kW atau 185.144 kW/*screw*. Untuk perhitungan lebih detail dapat dilihat di Lampiran A.

### 4. Break Horse Power (BHP)

Tabel IV.11. Kebutuhan Daya BHP

Komponen	Harga	Satuan	Keterangan
$l_i$	0.010	-	Untuk <i>gear reduction</i>
$l_i$	0.005	-	Untuk <i>trust bearing</i>
$l_i$	0.010	-	Untuk <i>reversing gear path</i>
$\eta_T$	0.9752	-	-
SHP	370.289	kW	Kebutuhan satu kapal
BHP	379.706	kW	Kebutuhan satu kapal
	509.194	HP	Kebutuhan satu kapal
BHP/SCREW	189.853	kW	Kebutuhan satu <i>screw</i>
	254.597	HP	Kebutuhan satu <i>screw</i>

Pada table IV.11 terlihat bahwa BHP SPSHB sebesar 379.706 kW atau 189.853 kW/*screw*. Untuk perhitungan lebih detail dapat dilihat di Lampiran A.

### 5. Maximum Continous Rating (MCR)

Tabel IV.12. Kebutuhan Daya MCR

Komponen	Harga	Satuan	Keterangan
BHP	379.706	kW	Kebutuhan satu kapal
$M_v$	10	%	Margin pelayaran (Indonesia)
BHP + $M_v$	417.676	kW	-



M <sub>D</sub>	5	%	Margin desain 3-5 %
M <sub>S</sub>	25	%	Margin pemakaian 15-25 %
MCR	584.747	kW	Kebutuhan satu kapal
	783.158	HP	Kebutuhan satu kapal
MCR/SCREW	292.373	kW	Kebutuhan satu <i>screw</i>
	392.079	HP	Kebutuhan satu <i>screw</i>

Jika dilihat pada Tabel IV.12 dapat dianalisa bahwa kebutuhan daya mesin induk pada pelayaran Lombok–Bali sebesar minimum 292.373 kW. Nilai tersebut dijadikan acuan untuk menentukan tenaga mesin minimal yang dibutuhkan. Untuk perhitungan lebih detail dapat dilihat di Lampiran A.

#### IV.8.4. Analisis Pemilihan Mesin Induk

Dari hasil analisa kebutuhan daya mesin induk yang sudah dilakukan sebelumnya, maka dapat diketahui besar kebutuhan daya minimum untuk setiap mesin induk. Kebutuhan daya ditentukan dengan dipilih harga terbesar dengan tujuan mesin induk dapat mengakomodir kebutuhan daya di dua kondisi perairan. Oleh karena itu kebutuhan daya mesin induk minimum ditentukan sebesar 292.306 kW untuk setiap mesin, yang selanjutnya digunakan sebagai acuan dalam pemilihan mesin induk.

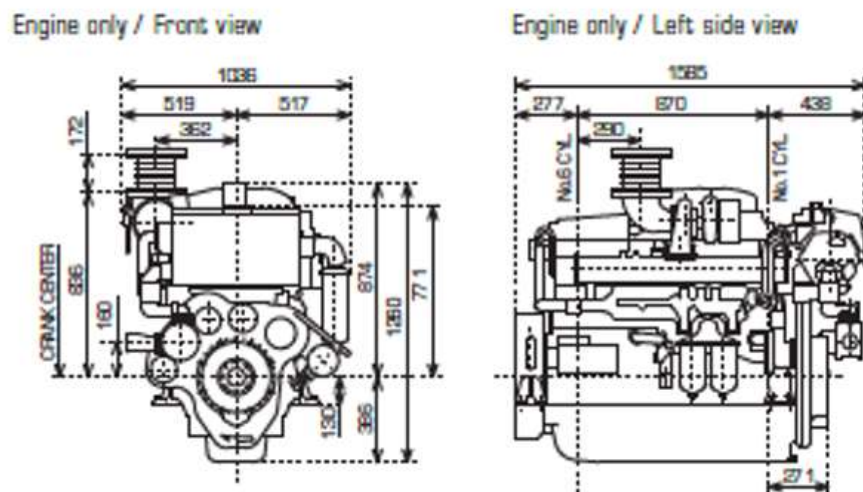
Ukuran mesin induk yang dapat mempengaruhi dalam perencanaan kamar mesin, serta berat mesin induk yang mempengaruhi dalam perhitungan berat kapal. Seluruh kriteria mesin induk didapatkan dari keterangan yang tertera pada katalog mesin. Dari seluruh pertimbangan yang ada, maka dipilih mesin induk Yanmar 6HA2M-WDT yang diproduksi oleh Yanmar Group dengan spesifikasi teknis sebagai berikut:

Tabel IV.13. Spesifikasi Teknis Mesin Induk

Yanmar 6HA2M-WDT	
<i>Type of Engine</i>	6HA2M- WDT
<i>Bore</i>	130 mm
<i>Stroke</i>	165 mm
<i>Displacement</i>	13.14 l
<i>Normal Rating</i>	298 kW
<i>Rated Speed</i>	1950 rpm
<i>Torque at Rated Speed</i>	1480 Nm

<i>Max. Torque</i>	1564 Nm
<i>At Speed</i>	1500 rpm
<i>Specific Fuel Consumption</i>	206 g/kWh
<i>Fuel Consumption</i>	70 l/h
<i>Fuel Desnsity</i>	890 kg/m <sup>3</sup>
<b><i>Dimensions:</i></b>	
<i>Length</i>	1.585 m
<i>Width</i>	1.036 m
<i>Height</i>	1.260 m
<i>Shaft-Top</i>	0.817 m
<i>Weight</i>	1.465 Ton

Sketsa dimensi dari mesin induk yang digunakan yaitu Yanmar 6HA2M-WDT dapat dilihat pada Gambar IV.9 dibawah ini:



Gambar IV.7. Sketsa Mesin Induk

Sumber: Yanmar, 2014

Setelah diketahui jenis mesin induk dan besar daya yang dibutuhkan, maka selanjutnya dilakukan analisa terhadap penentuan mesin bantu (*auxiliary engine*) yang digunakan sebagai *generator set* yang memiliki fungsi untuk pembangkit sumber listrik guna memenuhi kebutuhan pasokan listrik di atas kapal. Perhitungan kebutuhan daya mesin bantu diestimasikan sebesar 25% dari besar daya mesin induk dengan penggunaan dua buah unit mesin bantu. Berikut ini merupakan analisa terhadap kebutuhan daya mesin bantu:

$$P_{\text{AuxReq}} = 25 \% \times 283.530$$

$$= 73.093 \quad \text{Kw}$$

$$\text{Jumlah} = 2 \quad \text{unit}$$

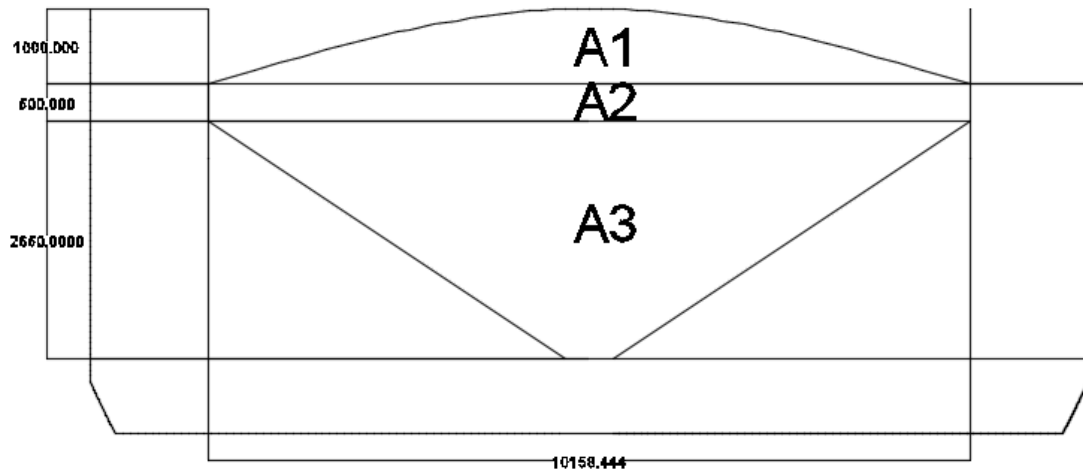
Ditentukan penggunaan mesin bantu sebanyak dua unit dengan masing-masing daya yang dibutuhkan sebesar 73.093 kW. Untuk perhitungan lebih lengkap dapat dilihat di Lampiran A. Untuk pemilihan jenis mesin bantu dapat dilihat pada katalog mesin bantu dan disesuaikan dengan data teknis yang ada meliputi kebutuhan daya dan dimensi mesin. Jenis mesin bantu yang digunakan adalah GenSet MG 90 S-P dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel IV.14. Spesifikasi Teknis Mesin Bantu

GenSet		Dimensions:	
Type of Aux. Engine	MG 90 S-P	Length	2.600 m
Bore	105 mm	Width	0.950 m
Stroke	127 mm	Height	1.568 m
Displacement	4.4 l	Weight	1.406 Ton
Normal Rating	85 kW		
Rated Speed	1800 rpm		
Fuel Consumption	14.3 l/h		
Fuel Density	0.85 kg/l		

#### IV.8.5. Analisis Ruang Muat

Dalam merencanakan desain kapal, seorang pemilik kapal pasti menginginkan kapasitas muatan sebesar mungkin untuk biaya pembangunan semimumimum mungkin dan tetap memenuhi persyaratan teknis yang ada. Hal ini dikarenakan kapasitas muatan merupakan suatu aspek yang penting untuk diperhitungan karena berhubungan dengan tingkat kemampuan suatu kapal dari segi ekonomis. Dalam penelitian ini, SPSHB didesain dengan letak muatan berada pada ruang muata yang disebut *hopper*. SPSHB adalah kapal yang dapat membuang material melalui proses pembelahan lambung. Maka diperlukan perencanaan bentuk *hopper* yang dapat memudahkan pembuangan maerial. Oleh sebab itu bentuk penampang melintang *hopper* yang direncanakan pada SPSHB dapat dilihat pada Gambar IV.10 dibawah ini:



Gambar IV.8. Bentuk Penampang Melintang *Hopper* yang Direncanakan

#### IV.8.6. Analisis Berat dan Titik Berat Kapal

Perhitungan berat pada kapal pada umumnya terbagi menjadi dua komponen, yaitu LWT dan DWT.

##### 1. Berat *Light Weight Tonnage* (LWT)

LWT digolongkan menjadi beberapa kelompok, yaitu:

- Berat komponen baja,
- Berat komponen sistem, dan
- Berat peralatan dan perlengkapan.

##### a. Berat Komponen Baja Kapal

##### i. Berat Baja Di Bawah Geladak Utama

- Total Berat Baja (Hull)

$$\begin{aligned} \text{WHS} &= L_{pp} \times B \times DA \times C_s \\ &= 454.517 \quad \text{ton} \end{aligned}$$

##### ii. Berat Bangunan Atas dan Rumah Geladak

Berikut merupakan perhitungan berat *superstructure* dan rumah geladak yang didapatkan dengan menggunakan metode (Schneekluth & Betram, 1998):

Tabel IV.15. Berat Baja Bangunan Atas dan Rumah Geladak

<i>Layer</i>	Dimensi (m)			Volume (m <sup>3</sup> )	Koefisien (ton/m <sup>3</sup> )	Berat (ton)
	Panjang	Lebar	Tinggi			
<i>Forecastle</i>	6.71	13.29	2.50	111.404	0.1185	13.201
<i>Deck I</i>	9.96	10.29	2.50	256.336	0.075	19.225
<i>Deck II</i>	8.82	10.29	2.50	227.00	0.093	21.110
<i>Wheelhouse</i>	5.88	7.50	2.50	110.274	0.055	6.065
<i>Pinch Point</i>	0.90	1.20	2.5	1.4	7.85	46.629
<b>Total Berat W<sub>S&amp;D</sub></b>						106.231

Pada table IV.15 terlihat bahwa berat baja bangunan atas dan rumah geladak kapal sebesar 106.231 ton. Untuk perhitungan lebih detail dapat dilihat di Lampiran A.

iii. Berat Koreksi Baja Kapal

Berikut merupakan perhitungan dari komponen berat koreksi baja kapal:

Tabel IV.16. Berat Koreksi Baja Kapal

Komponen Berat		Koefisien	Berat (ton)	Keterangan
Konstruksi sekat	W <sub>BC</sub>	0.25 W <sub>HS</sub>	11.363	W <sub>HS</sub> = 454.523 ton
Konstruksi <i>double bottom</i>	W <sub>DB</sub>	0.1 V <sub>DB</sub>	39.752	V <sub>DB</sub> = 397.52 m <sup>3</sup>
Konstruksi dudukan mesin	W <sub>EF</sub>	-	0.469	P <sub>Engine</sub> =298 kW
				n <sub>Engine</sub> = 1950 rpm
Total berat koreksi baja			51.584	

Pada table IV.16 terlihat bahwa berat koreksi baja kapal sebesar 51.584 ton. Untuk perhitungan lebih detail dapat dilihat di Lampiran A. Dari rekapitulasi komponen baja, maka dapat dihitung total berat baja kapal yang diperlukan, seperti:

Total W<sub>s</sub> = Jumlah keseluruhan berat komponen baja

$$W_s = W_{HS} + W_{CS} + W_{S\&D} + W_{CS}$$

$$= 612.338 \quad \text{ton}$$

b. Berat Komponen Sistem Kapal

Perhitungan berat permesinan dapat dibagikan ke dalam beberapa kelompok, diantaranya:

i. Berat Sistem Propulsi

Dalam perhitungan berat sistem propulsi diketahui data yang sudah didapatkan pada proses sebelumnya, seperti:

$$D = 2.338 \quad \text{m}$$

$$A_E/A_O = 0.40$$

$$Z = 4 \quad \text{blade}$$

Dari data di atas maka didapatkan rekapitulasi berat sistem propulsi sebagai berikut:

Tabel IV.17. Berat Sistem Propulsi

Komponen Berat		Berat (ton)	Keterangan
Mesin induk ( <i>main engine</i> )	$W_{E/Screw}$	1.47	Disesuaikan dengan katalog mesin Yanmar 6HA2M-WDT
	$W_E$	2.93	
Gear box	$W_{GB/Screw}$	0.5178	Koefisien (0.3~0.4) = 0.3 $n = 110 \text{ rpm}$
	$W_{GB}$	1.0356	
Baling-baling ( <i>propeller</i> )	$W_{Prop/Screw}$	0.5348	$K = 0.042$ $d_s = 0.1359 \text{ m}$
	$W_{Prop}$	1.0689	
Poros baling-baling ( <i>propeller shaft</i> )	$M/Screw$	0.509	$L_s = 4.5 \text{ m}$ $M/L_s = 0.1054 \text{ ton/m}$
	$M$	1.018	
Total sistem propulsi	$W_{PU}$	6.053	Untuk dua rangkaian propulsi

Pada Table IV.17 terlihat bahwa berat sistem propulsi kapal sebesar 116.682 ton. Untuk perhitungan lebih detail dapat dilihat di Lampiran A.

ii. Berat Sistem Kelistrikan

Yang termasuk ke dalam komponen sistem kelistrikan antara lain adalah *generator* dan *drive engine*.

$$W_{Agg} = 0.001 \times P_B \times (15 + 0.014 \times P_B)$$

$$W_{Agg} = \text{Berat sistem kelistrikan (ton)}$$

$$P_B = 417.68 \quad \text{kW}$$

Maka:

$$W_{Agg} = 8.707 \quad \text{ton}$$

iii. Berat Persisteman Lainnya

$$W_{MO} = (0.04 \sim 0.07) \times PB$$

$W_{MO}$  = Berat sistem permesinan lainnya

Diambil= 0,04

Maka:

$$W_{MO} = 0.04 \times 405.03$$

$$= 16.707 \text{ ton}$$

Dari hasil rekapituasi berat dari setiap kelompok sistem, maka dapat dihitung berat total dari komponen sistem, seperti:

T.  $W_{EP}$  = Jumlah Keseluruhan berat permesinan pada kapal

$$= W_{PU} + W_{Agg} + W_{MO}$$

$$= 85.695 \text{ ton}$$

c. Berat Peralatan dan Perlengkapan

Tabel IV.18. Berat Peralatan dan Perlengkapan

Group	Komponen Berat	Volume (m <sup>3</sup> )	Koefisien (ton/m <sup>3</sup> )	Berat E&O (ton)
I ( <i>hatch cover</i> )	(N/A)	-	-	-
II ( <i>cargo handling</i> )	(N/A)	-	-	-
III ( <i>living quarter</i> )	<i>Forecastle</i>	111.4	0.060	6.684
	<i>Deck I</i>	256.33	0.060	15.38
	<i>Deck II</i>	226.98	0.060	13.619
	<i>Wheelhouse</i>	110.27	0.060	6.616
IV ( <i>miscellaneous</i> )	-	236.488	0.180	42.568
	<i>Hydraulic</i>	6.28	7.85	49.298
	<i>Engsel</i>	0.339	7.85	5.59
Total berat E&O				139.757

Pada Table IV.18 terlihat bahwa berat peralatan dan perlengkapan kapal sebesar 116.682 ton. Untuk perhitungan lebih detail dapat dilihat di Lampiran A.

d. Total Berat LWT

Apabila nilai berat dari komponen LWT yang meliputi berat komponen baja, berat komponen sistem dan berat peralatan dan perlengkapan, maka dapat diketahui berat total LWT sebesar:

$$\begin{aligned} \text{LWT} &= W_S + W_{EP} + W_{E\&O} \\ &= 612.338 + 31.467 + 139.757 \\ &= 783.562 \text{ ton} \end{aligned}$$

2. Berat *Dead Weight Tonnage* (DWT)

DWT SPSHB meliputi berat muatan (*payload*), bahan bakar, berat minyak pelumas, berat air tawar, berat *provision*, berat orang (*crew* dan penumpang), dan berat barang bawaan. Perhitungan DWT ini dilakukan untuk satu kali perjalanan *round trip*.

a. Berat Muatan (*Payload*)

Besar *payload* yang ditentukan dalam desain SPSHB seperti:

$$\begin{aligned} \text{Payload} &= \text{Jumlah Pasir} / (\text{Waktu Pembangunan} \times \text{Jumlah Kapal}) \\ \text{Jumlah Pasir} &= 20 \text{ Juta m}^3 \\ \text{Lama Pembangunan} &= 5 \text{ Tahun} \\ \text{Jumlah Kapal} &= 10 \text{ Kapal} \\ \text{Payload} &= 20 \text{ juta} / (5 \times 365) \times 10 \\ &= 1560 \text{ ton} \end{aligned}$$

b. Penentuan Jumlah *Crew* (ABK)

Sebelum mencari harga berat dari *crew* dan *consumables*, maka terlebih dahulu untuk mencari jumlah ABK (Anak Buah Kapal) dengan perhitungan menurut (Suhardjito, 2014) seperti:

$$Z_c = C_{St} \times C_{Dk} \times (CN \times 35 / 10^5)^{1/6} + C_{Eng} \times (BHP / 10^5)^{1/3} + \text{Cadets}$$

Dimana:

$$C_{St} = 1.2 \quad \text{Koefisien Steward Deck (1.2-1.33)}$$

$$C_{Dk} = 11.5 \quad \text{Koefisien Deck Department (11.5-14.5)}$$

$$C_{Eng} = 8.5 \quad \text{Koefisien Engine Department (8.5-11.0)}$$

$$\begin{aligned} CN &= (L \times B \times H) / 1000 \\ &= (60.44 \times 13.89 \times 4.175) / 1000 \\ &= 3.637 \end{aligned}$$

$$BHP = 189.809 \text{ kW}$$



Cadets = Perwira Tambahan  
= 0

Maka:

Zc = 5.595  
= 6 Orang

Dari total delapan orang *crew* yang didapatkan, maka ditentukan susunan *crew* seperti, *captain, chief engineer, officer, engineer, quarter master, chief cook*.

c. Berat *Crew and Consumables*

Berikut merupakan rekapitulasi berat *crew and consumables* sesuai dengan (Schneekluth & Betram, 1998):

Tabel IV.19. Berat *Crew and Consumables*

Komponen Berat		Kofisien Berat (ton/orang hari)	Jumlah Crew (orang)	Durasi Pelayaran	Berat (ton)
<i>Crew</i>	W <sub>C&amp;E</sub>	0.07	6	1 hari	0.42
Air tawar	W <sub>FW</sub>	0.17	6	1 hari	1.02
<i>Provision and Store</i>	W <sub>PR</sub>	0.01	6	1 hari	0.06
<i>Total Crew and Consumables</i>			6	1 hari	2

Pada Table IV.19 terlihat bahwa berat *crew and consumables* kapal sebesar 116.682 ton. Untuk perhitungan lebih detail dapat dilihat di Lampiran A.

d. Berat Bahan Bakar *Heavy Fuel Oil (HFO)*

$$W_{Fuel} = SFR \times MCR \times (R/Vs) \times Margin$$

Dimana:

W<sub>Fuel</sub> = Berat bahan bakar HFO (ton)

SFR = *Spesific Fuel Rate* (ton/kW jam)

MCR = *Maximum Continous Rating* (kW)

R = Jarak pelayaran (km)

V<sub>s</sub> = Kecepatan dinas kapal (m/s)

Margin= 10%

Maka:

$$W_{Fuel} = (0.00021 \times 584.74 \times (251 / 4.12)) + 10 \% \\ = 9.248 \quad \text{ton}$$

e. Berat Bahan Bakar *Marine Diesel Oil (MDO)*

$$W_{DO} = C_{DO} \times W_{Fuel}$$

Dimana:

$$W_{DO} = \text{Berat bahan bakar MDO} \quad (\text{ton})$$

$$C_{DO} = \text{Koefisien berat bahan bakar MDO} \\ = 0.2$$

$$W_{Fuel} = \text{Berat bahan bakar HFO} \quad (\text{ton})$$

Maka:

$$W_{DO} = 0.2 \times 9.248 \\ = 1.937 \quad \text{ton}$$

f. Berat *Lubrication Oil* (Minyak Pelumas)

$$W_{LO} = MCR \times \rho_{LO} \times (R/Vs) \times 10^{-6} \times 1.4$$

Dimana:

$$W_{LO} = \text{Berat minyak pelumas} \quad (\text{ton})$$

$$P_{LO} = \text{Masa jenis minyak pelumas} \quad (\text{ton/m}^3)$$

Maka:

$$P_{LO} = 900 \text{ kg/m}^3 = 0.9 \text{ ton/m}^3$$

$$W_{LO} = 584.747 \times 0.90 \times (251 / 4.12) \times 10^{-6} \times 1.4 \\ = 0.0499 \quad \text{ton}$$

g. Total Berat DWT

Setelah diketahui masing-masing berat dari komponen DWT, maka berat total DWT dapat dihitung seperti:

$$\begin{aligned} \text{DWT} &= \text{Payload} + W_{C\&E} + W_{FW} + W_{PR} + W_{Fuel} + W_{DO} + W_{LO} \\ &= 1560 + 0.42 + 1.02 + 0.06 + 8.23 + 1.937 + 0.050 \\ &= 1571.718 \text{ ton} \end{aligned}$$

3. Titik Berat

Perhitungan jarak titik berat kapal dapat dibagi menjadi dua macam, yaitu jarak titik berat secara memanjang (*longitudinal center of gravity / LCG*) dan jarak titik berat secara vertikal (*vertical center of gravity / VCG*). Berikut hasil analisa terhadap perhitungan titik berat:

Tabel IV.20. Rekapitulasi Berat dan Titik Berat LWT

Komponen Berat		Berat (ton)	Titik Berat (m)	
			KG	LCG (FP)
<b><i>Lightweight Tonnage (LWT)</i></b>				
<u>Komponen Baja Kapal</u>				
1	Baja Di Bawah Geladak Utama	454.523	2.160	28.239
2	Bangunan Atas dan Rumah Geladak	106.231	6.057	23.963
3	Koreksi Komponen Baja	51.584	0.771	28.698
	Total Komponen Baja	612.338	2.719	27.536
<u>Komponen Sistem Kapal</u>				
1	Sistem Propulsi	6.053	2.060	57.995
2	Sistem Kelistrikan	8.707		
3	Sistem Lainnya	16.707		
	Total Komponen Sistem	31.467	2.060	57.995
<u>Peralatan dan Perlengkapan Kapal</u>				
1	Group III (Ruang Akomodasi)	42300	7.157	28.509
2	Group IV (Peralatan Lainnya)	97.457	4.652	29.406
	Total Peralatan dan Perlengkapan	139.757	4.652	29.135
<u>Total Lightweight Tonnes (LWT)</u>		<b>783.562</b>	<b>3.173</b>	<b>29.044</b>

Tabel IV.21. Rekapitulasi Berat dan Titik Berat DWT

Komponen Berat		Berat (ton)	Titik Berat (m)	
			KG	LCG (FP)
Deadweight Tonnage (LWT)				
Payload				
1	Payload (Container)	1560	2.826	28.441
Crew dan Provisions				
1	Crew (ABK)	0.420	10.236	54.496
2	Air Tawar	1.020	4.579	58.212
3	Provision and Store	0.060	9.402	54.686
	Total Crew dan Provision	2.000	4.082	56.670
Minyak dan Bahan Bakar				
1	Heavy Fuel Oil (HFO)	8.231	4.580	52.141

2	<i>Marine Diesel Oil (MDO)</i>	1.937	4.580	51.841
3	Minyak Pelumas	0.050	4.580	51.241
	Total Minyak dan Bahan Bakar	10.218	4.580	52.079
	<b><u>TOTAL Deadweight Tonnes (DWT)</u></b>	<b>1571.718</b>	<b>2.841</b>	<b>28.622</b>

Pada Tabel IV.20 dan IV.21 terlihat bahwa rekapitulasi berat dan titik berat SPSHB. Untuk perhitungan lebih detail dapat dilihat di Lampiran A. maka dapat ditentukan berat dan titik berat gabungan (LWT + DWT) sebesar:

Diketahui:

$$LWT = 783.562 \quad \text{ton}$$

$$KG_{LWT} = 3.173 \quad \text{m}$$

$$LCG_{LWT} = 29.044 \quad \text{m}$$

$$DWT = 1571.718 \quad \text{ton}$$

$$KG_{DWT} = 2.841 \quad \text{m}$$

$$LCG_{DWT} = 28.622 \quad \text{m}$$

$$KG_{Tot} = \frac{(LWT \times KG_{LWT}) + (DWT \times KG_{DWT})}{(LWT + DWT)}$$

$$= 2.951 \quad \text{m}$$

$$LCG_{Tot} = \frac{(LWT \times LCG_{LWT}) + (DWT \times LCG_{DWT})}{(LWT + DWT)}$$

$$= 28.762 \quad \text{m}$$

#### 4. Batasan Berat dan Titik Berat

Untuk mengetahui apakah berat dan titik berat memenuhi koreksi atau tidak, maka dibutuhkan data dari perhitungan berat dan titik berat sebelumnya. Diketahui harga berat dan titik berat sebesar:

$$LWT+DWT = 2355.280 \quad \text{ton}$$

$$\text{Displasemen ton } (\Delta) = 2403.347 \quad \text{ton}$$

$$LCG = 28.762 \quad \text{m dari FP}$$

$$LCB = 28.15 \quad \text{m dari FP}$$

$$L_{WL} = 61.17 \quad \text{m}$$

##### a. Koreksi Displasemen

Adapun batasan maksimum dari harga selisih antara gaya apung dan gaya berat sebesar 2-10 % dari harga gaya apung.

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\Delta - (LWT + DWT)}{\Delta} \times 100 (\%) \leq 2 - 10\% \\
 &= \frac{2403.347 - (2355.280)}{2403.347} \times 100 (\%) \\
 &= 2 \%
 \end{aligned}$$

Dikarenakan hasil koreksi berat berada di margin 2-10 %, maka status koreksi berat adalah memenuhi, dan kapal dinyatakan dapat mengapung sesuai dengan jumlah muatan yang ditentukan.

b. Koreksi Titik Berat

Untuk batasan maksimum dari harga selisih antara jarak titik apung dan jarak titik berat sebesar  $\pm 1$  % dari harga panjang garis air.

$$\begin{aligned}
 &= \frac{LCB - LCG}{LWL} \times 100 (\%) \leq 5\% \\
 &= \frac{28.15 - 28.76}{61.17} \times 100 (\%) \\
 &= 1\%
 \end{aligned}$$

Apabila melihat hasil koreksi titik berat yang kurang dari 1 %, maka status koreksi titik berat adalah memenuhi.

#### IV.8.7. Analisis *Freeboard* Kapal

Untuk jenis SPSHB pada program Bandara Terapung ini termasuk ke dalam kapal tipe B. Adapun perhitungan tinggi *freeboard* minimum yang diatur dalam (*International Maritime Organization (IMO)*, 2005) seperti berikut:

Tabel IV.22. Rekapitulasi *Freeboard*

Koreksi		<i>Freeboard</i> (mm)	Keterangan
Standar <i>freeboard</i> minimum	F <sub>1</sub>	556.194	Dilihat pada tabel <i>freeboard</i> Tipe kapal B
Koreksi penambahan Fungsi panjang kapal	F <sub>2</sub>	11.12	L = 58.81 m E = 18.47 m
Koreksi penambahan Fungsi C <sub>B</sub> kapal	F <sub>3</sub>	626.692	C <sub>B</sub> > 0.68 C <sub>B</sub> = 0.822

Koreksi pengurangan Fungsi bangunan atas	$F_4$	112.298	$E = 0.314 L$ $F_5 = 20.905 \% F_1$
Total minimum tinggi <i>freeboard</i>	$F_{Tot}$	1082	$F_1 + F_2 + F_3 - F_4$

Setelah didapatkan seluruh hasil koreksi, maka didapatkan besar total minimum *freeboard* yang dibutuhkan. Dan selisih antara H-T harus melebihi dari *freeboard* minimum yang disyaratkan. Untuk perhitungan lebih detail dapat dilihat di Lampiran A.

$F_{Tot}$  = *Freeboard* minimum yang dibutuhkan.

$$= F_1 + F_2 + F_3 - F_4$$

$$= 1082 \text{ mm}$$

$$H-T = 1145 \text{ mm}$$

Dikarenakan nilai H-T lebih besar dari  $F_{Tot}$ , maka desain ini memenuhi persyaratan tinggi minimum *freeboard*.

#### IV.8.8. Analisis Stabilitas Kapal

Kriteria kondisi muatan dalam perhitungan stabilitas kapal yang digunakan pada penelitian ini mengacu berdasarkan peraturan (*International Maritime Organization (IMO), 2008*) dan untuk *loadcase* mengacu pada (*Joint Working Group on Dredger Operating at Reduced Freeboard, 2010*) yaitu:

1. *Hopper* terisi 10 % muatan homogen hingga sampai ke tepi atas *hopper* dengan massa jenis kepadatan sesuai yang direncanakan. (massa jenis =  $1.42 \text{ ton/m}^3$ )

Perhitungan stabilitas dihitung pada 3 kondisi yaitu

- Persediaan dan bahan bakar dalam kondisi penuh 100 % (*Loadcase 1*)
- Persediaan dan bahan bakar dalam kondisi penuh 50 % (*Loadcase 2*)
- Persediaan dan bahan bakar dalam kondisi penuh 10 % (*Loadcase 3*)

2. *Hopper* terisi 50 % muatan homogen hingga sampai ke tepi atas *hopper* dengan massa jenis kepadatan sesuai yang direncanakan. (massa jenis =  $1.42 \text{ ton/m}^3$ )

Perhitungan stabilitas dihitung pada 3 kondisi yaitu

- Persediaan dan bahan bakar dalam kondisi penuh 100 % (*Loadcase 4*)
- Persediaan dan bahan bakar dalam kondisi penuh 50 % (*Loadcase 5*)
- Persediaan dan bahan bakar dalam kondisi penuh 10 % (*Loadcase 6*)

3. *Hopper* terisi 100 % muatan homogen hingga sampai ke tepi atas *hopper* dengan massa jenis kepadatan sesuai yang direncanakan. (massa jenis =  $1.42 \text{ ton/m}^3$ )

Perhitungan stabilitas dihitung pada 3 kondisi yaitu

- Persediaan dan bahan bakar dalam kondisi penuh 100 % (*Loadcase 7*)
- Persediaan dan bahan bakar dalam kondisi penuh 50 % (*Loadcase 8*)
- Persediaan dan bahan bakar dalam kondisi penuh 10 % (*Loadcase 9*)

4. *Hopper* terisi 10 % muatan homogen hingga sampai ke tepi atas *hopper* dengan massa jenis kepadatan sesuai yang direncanakan dan kapal mengalami *split*. (massa jenis =  $1.42 \text{ ton/m}^3$ )

Perhitungan stabilitas dihitung pada 3 kondisi yaitu

- Persediaan dan bahan bakar dalam kondisi penuh 100 % (*Loadcase 10*)
- Persediaan dan bahan bakar dalam kondisi penuh 50 % (*Loadcase 11*)
- Persediaan dan bahan bakar dalam kondisi penuh 10 % (*Loadcase 12*)

5. *Hopper* terisi 50 % muatan homogen hingga sampai ke tepi atas *hopper* dengan massa jenis kepadatan sesuai yang direncanakan dan kapal mengalami *split*. (massa jenis =  $1.42 \text{ ton/m}^3$ )

Perhitungan stabilitas dihitung pada 3 kondisi yaitu

- Persediaan dan bahan bakar dalam kondisi penuh 100 % (*Loadcase 13*)
- Persediaan dan bahan bakar dalam kondisi penuh 50 % (*Loadcase 14*)
- Persediaan dan bahan bakar dalam kondisi penuh 10 % (*Loadcase 15*)

6. *Hopper* terisi 100% muatan homogen hingga sampai ke tepi atas *hopper* dengan massa jenis kepadatan sesuai yang direncanakan dan kapal mengalami *split*. (massa jenis =  $1.42 \text{ ton/m}^3$ )

Perhitungan stabilitas dihitung pada 3 kondisi yaitu

- Persediaan dan bahan bakar dalam kondisi penuh 100 % (*Loadcase 16*)
- Persediaan dan bahan bakar dalam kondisi penuh 50 % (*Loadcase 17*)
- Persediaan dan bahan bakar dalam kondisi penuh 10 % (*Loadcase 18*)

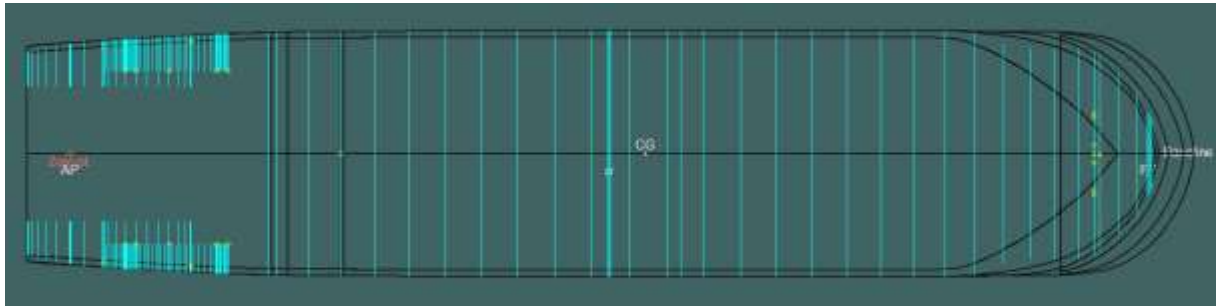
Pemeriksaan kondisi keseimbangan kapal dilakukan pada hasil permodelan lambung SPSHB dengan menggunakan bantuan *software Maxsurf Stability Enterprise*. Langkah-langkah pemeriksaan kondisi keseimbangan kapal adalah sebagai berikut:

### 1. Membuka File Modeler SPSHB

Buka *software Maxsurf Stability Enterprise*, klik menu *file-open design* dan buka file hasil permodelan (rencana garis) SPSHB yang sudah dibuat sebelumnya pada *software Maxsurf Modeler Advanced*

### 2. Perencanaan Letak Tangka-tangki

Perencanaan letak tangka-tangki yang meliputi tangka *consumables* (air tawar, bahan bakar, pelumas), tangka air *ballast*, dan tangka muatan.



Gambar IV.9. Pandangan Atas Perencanaan Tangki pada *Maxsurf Stability Enterprise*

### 3. Penentuan Massa Jenis Muatan

Setelah perencanaan letak tangka sudah dibuat, perlu didefinisikan massa jenis muatan yang berada didalam tangka tersebut.

	Fluid	Code	Specific gravity	Density tonne/m³	Density lb/ft³	API Grav	Color
1	Sea Water	S	6.2898	6.2898	1.0000		
2	Water Ballast	B	1.0250	1.0250	6.1364		
3	Fresh Water	W	1.0000	1.0000	6.2898		
4	Diesel	D	0.8400	0.8400	7.4879	36.95	
5	Fuel Oil	F	0.9443	0.9443	6.6608	18.35	
6	Lube Oil	L	0.9200	0.9200	6.8368	22.30	
7	AHS Crude	C	0.8883	0.8883	7.0807	27.79	
8	DMA (ISO 8217)	DMA	0.8900	0.8900	7.0672	27.49	
9	DMB (ISO 8217)	DMB	0.9000	0.9000	6.9887	25.72	
1	DMC (ISO 8217)	DMC	0.9200	0.9200	6.8368	22.30	
1	Gasoline leaded	G	0.7499	0.7499	8.3875	57.19	
1	Unleaded Gas	U	0.7499	0.7499	8.3875	57.19	
1	JFA	J	0.8203	0.8203	7.6677	41.00	
1	MTBE	M	0.7471	0.7471	8.4190	57.90	
1	Gasoil	GO	0.8524	0.8524	7.3789	34.50	
1	Slops	SL	0.9130	0.9130	6.8892	23.48	
1	Custom 1	C1	1.4200	1.4200	4.4294	-31.85	
1	Custom 2	C2	1.0000	1.0000	6.2898	10.00	
1	Custom 3	C3	1.0000	1.0000	6.2898	10.00	
2	Custom 4	C4	1.0000	1.0000	6.2898	10.00	

Gambar IV.10. *Density Maxsurf Stability Enterprise*

*Software Maxsurf Stability Enterprise* terdapat analisis massa jenis (*density*) muatan yang dapat dilihat pada menu *analysis-density*. Pada gambar IV.12 terlihat bahwa *density software Maxsurf Stability Enterprise*. Apabila tidak terdapat *density* yang diinginkan, aka dapat dilakukan *input* nilai *density* secara *custom*.



#### 4. Perencanaan Kondisi Permuatan

Kondisi permuatan dapat direncanakan pada menu window – loadcase. Jumlah kondisi permuatan ini disesuaikan dengan kriteria yang ditentukan, dimana pada penelitian ini terdapat 4 kondisi permuatan yang berbeda. Karena pada langkah sebelumnya sudah dilakukan kalibrasi tangka, maka tangki – tangka yang telah direncanakan secara otomatis masuk ke data *load case*.

#### 5. Pemeriksaan Kondisi Stabilitas

Pada penelitian ini, kriteria yang digunakan adalah kriteria (*Intact Stability Code*, 1974) dan (*Joint Working Group on Dredger Operation at Reduced Freeboard*, 2010)

#### 6. Hasil Perhitungan Stabilitas

Pada Tabel IV.23 dan Tabel IV.24 terlihat bahwa hasil rekapitulasi perhitungan stabilitas. Untuk perhitungan lebih detail dapat dilihat di Lampiran A.

Tabel IV.23. Rekapitulasi Stabilitas Kapal Tidak Membelah

No	Kriteria	Ketentuan	Nilai	Satuan	LC 1	LC 2	LC 3	LC 4	LC 5
1	e 0 - 30°	$\geq$	3,151	m.deg	82,916	82,740	82,411	72,883	65,732
2	e 30 - 40°	$\geq$	5,1566	m.deg	37,950	37,801	37,559	33,656	33,601
3	GZ 30°	$\geq$	0,2	m.deg	3,852	3,840	3,819	3,448	3,445
4	$\Theta$ Max	$\geq$	25	deg	28,200	28,200	28,200	28,100	28,100
5	GM°	$\geq$	0,15	m	21,045	20,842	20,584	17,025	16,910
Status					Pass	Pass	Pass	Pass	Pass

No	Kriteria	Ketentuan	Nilai	Satuan	LC 6	LC 7	LC 8	LC 9
1	e 0 - 30°	$\geq$	3,151	m.deg	64,684	71,396	71,326	71,185
2	e 30 - 40°	$\geq$	5,1566	m.deg	33,500	33,759	33,725	33,647
3	GZ 30°	$\geq$	0,2	m.deg	3,436	3,458	3,455	3,448
4	$\Theta$ Max	$\geq$	25	deg	28,100	28,200	28,200	28,200
5	GM°	$\geq$	0,15	m	16,756	16,716	16,703	17,031
Status					Pass	Pass	Pass	Pass

Tabel IV.24. Rekapitulasi Stabilitas Kapal Membelah

No	Kriteria	Ketentuan	Nilai	Satuan	LC 1	LC 2	LC 3	LC 4	LC 5
1	e 0 - 30°	$\geq$	3,151	m.deg	83,468	83,208	82,766	76,999	76,865
2	e 30 - 40°	$\geq$	5,1566	m.deg	49,153	48,818	48,333	43,194	43,030
3	GZ 30°	$\geq$	0,2	m.deg	5,075	5,037	4,982	4,406	4,388
4	$\Theta$ Max	$\geq$	25	deg	42,900	42,900	41,900	41,000	41,000
5	GM°	$\geq$	0,15	m	11,574	11,671	11,749	12,246	12,317
Status					Pass	Pass	Pass	Pass	Pass

No	Kriteria	Ketentuan	Nilai	Satuan	LC 6	LC 7	LC 8	LC 9
1	e 0 - 30°	$\geq$	3,151	m.deg	76,621	76,378	76,255	76,038
2	e 30 - 40°	$\geq$	5,1566	m.deg	42,777	40,874	40,759	40,578
3	GZ 30°	$\geq$	0,2	m.deg	4,360	4,118	4,106	4,087
4	$\Theta$ Max	$\geq$	25	deg	41,000	39,000	39,000	39,000
5	GM°	$\geq$	0,15	m	12,391	13,354	13,414	13,484
Status					Pass	Pass	Pass	Pass

#### IV.8.9. Analisis Trim Kapal

Pada *software Maxsurf Stability Enterprise*, pemeriksaan trim dapat dilihat melalui hasil *equilibrium*. Untuk melakukan analisis *equilibrium* dapat dengan cara pilih *menu analysis – set analysis type – equilibrium*, setelah itu klik *star equilibrium analysis*. Analisis dilakukan pada setiap kondisi muatan (loadcase) yang telah direncanakan sebelumnya. Pada Tabel IV.25 dan Tabel IV.26 terlihat bahwa hasil rekapitulasi perhitungan trim SPSHB. Untuk perhitungan lebih detail dapat dilihat di Lampiran A.

Tabel IV.25. Rekapitulasi Trim Kapal Tidak Membelah

Trim Kapal	LC 1	LC 2	LC 3	LC 4	LC 5	LC 6	LC 7	LC 8	LC 9
deg	0,060	0,149	0,255	-0,116	-0,047	0,038	-0,355	-0,302	-0,238
m	0,010	0,025	0,043	-0,020	-0,008	0,006	-0,060	-0,051	-0,040
Status	Buritan	Buritan	Buritan	Haluan	Haluan	Buritan	Haluan	Haluan	Haluan
Kriteria (m)	0,306	0,306	0,306	0,306	0,306	0,306	0,306	0,306	0,306

Tabel IV.26. Rekapitulasi Trim Kapal Membelah

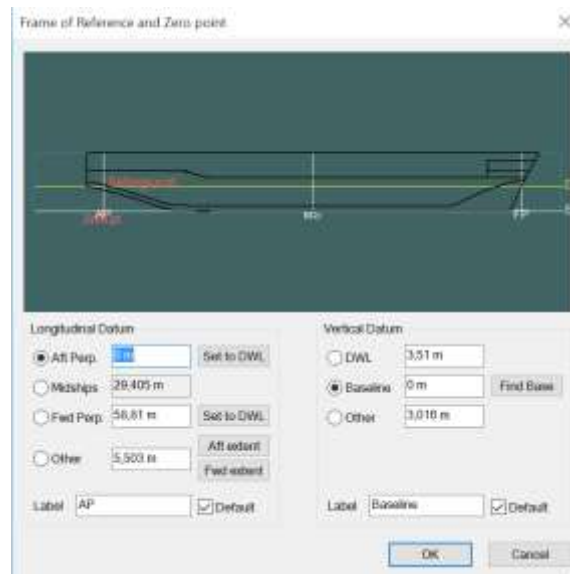
Trim Kapal	LC 1	LC 2	LC 3	LC 4	LC 5	LC 6	LC 7	LC 8	LC 9
deg	0,0041	0,1226	0,2628	-0,14	-0,0564	0,0478	-0,2536	-0,1809	-0,0917
m	0,001	0,021	0,045	-0,024	-0,010	0,008	-0,043	-0,031	-0,016
Status	Buritan	Buritan	Buritan	Haluan	Haluan	Buritan	Haluan	Haluan	Haluan
Kriteria (m)	0,306	0,306	0,306	0,306	0,306	0,306	0,306	0,306	0,306

#### IV.8.10. Pembuatan Rencana Garis

Pekerjaan menggambar Rencana Garis dilakukan dengan bantuan perangkat lunak *Maxsurf* dan *AutoCad*. Dimana pekerjaan dibagi menjadi ke dalam dua tahap, yaitu tahap mendesain bentuk lambung menggunakan *Maxsurf* yang disesuaikan dengan kriteria hidrostatik yang ada, dan tahap berikutnya adalah pendetailan terhadap gambar Rencana Garis menggunakan perangkat lunak *AutoCad* dari desain lambung yang didapat dari pekerjaan sebelumnya. Berikut tahapan dalam mendesain Rencana Garis:

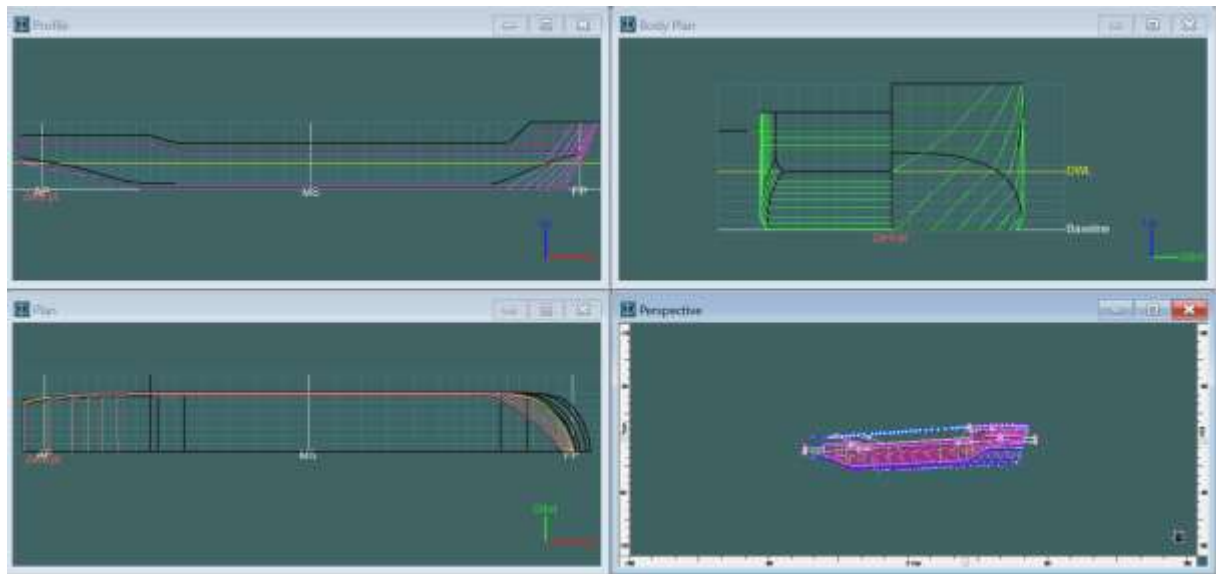
1. Pada tahap awal, dilakukan pembuatan *surface* yang akan digunakan. Jumlah *surface* ditentukan berdasarkan kebutuhan guna mempermudah selama proses mendesain Rencana Garis. Pada pekerjaan desain SPSHB ini digunakan *surface* sebanyak tiga buah, yang meliputi *surface* alas kapal (*bottom*), bilga kapal (*bilge*), dan bagian sisi kapal (*side*), yang mana masing-masing *surface* disesuaikan berdasarkan ukuran utama kapal.

2. Setelah dibuat surface baru, maka dilakukan penyesuaian terhadap titik AP, titik FP, letak ketinggian garis air, panjang garis air, letak bagian dasar kapal, serta pemilihan titik yang dijadikan acuan selama mendesain kapal. Data tersebut disesuaikan dengan keadaan kapal dalam *tool bar* “*Frame of Reference*”. Pada desain kali ini titik acuan (*zero*) disesuaikan pada bagian AP kapal untuk arah memanjang, dan *baseline* kapal untuk arah vertikal kapal.



Gambar IV.11. Proses Penyesuaian *Frame of Reference* Pada *Software Maxsurf*

3. Langkah berikutnya adalah perencanaan jarak antar garis-garis proyeksi pada *tool bar* “*Grid Spacing*”, dimana di dalamnya dibagi ke dalam empat bagian, yaitu *sections* untuk pembagian jarak antar *station* kapal, *buttocks* untuk pembagian jarak antar bidang diametral kapal, *waterlines* untuk pembagian jarak antar bidang garis air, dan *diagonals* untuk pembuatan garis *sent line* kapal. Adapun jarak yang ditentukan dalam perencanaan *grid spacing* sebagai berikut:
- *Station* (ST.), jumlah *station* digunakan sebanyak 31 bidang sepanjang  $L_{PP}$  dengan jarak interval 0.5 *station* pada ST. 0-5 dan 15-20, dan jarak interval 1 *station* pada ST. 5-15. Hal ini dilakukan karena diperlukannya pendetailan pada bagian haluan dan buritan kapal.
  - *Buttock lines* (BL), digunakan 9 bidang dengan jarak interval masing masing 1 m pada BL 0-7 dan 1 bidang pada kondisi lebar maksimum kapal.
  - *Water lines* (WL), jumlah WL yang digunakan sebanyak 8 bidang dengan interval 0.5 m pada WL 0-3.5 m dengan kedudukan WL 3.5 m digantikan ketinggian sarat pada WL 3.51 m guna mengetahui bidang garis air kapal tersebut.



Gambar IV.12. Proses Pembentukan Lambung Kapal SPSHB

4. Setelah seluruh persiapan telah dilakukan, maka tahapan berikutnya adalah membuat *control point*, yaitu garis bantu yang memiliki titik-titik perpotongan yang digunakan dalam membentuk permukaan lambung kapal. *Control point* disesuaikan dengan beberapa hal yaitu:
  - Dimensi, *control point* yang diatur selama mendesain Rencana Garis tidak dianjurkan untuk melebihi dari dimensi ukuran utama yang sudah ditentukan dalam perhitungan teknis.
  - Kriteria hidrostatik, *control point* diatur sedemikian rupa sehingga hasil hidrostatik dari desain yang dihasilkan oleh *Maxsurf* sesuai dengan kriteria hidrostatik pada perhitungan teknis. Kriteria hidrostatik yang perlu diperhatikan meliputi nilai dimensi, koefisien, berat, dan titik berat.
  - *Render*, merupakan fasilitas yang disediakan *Maxsurf* berupa proyeksi gambar 3 dimensi yang dapat menunjukkan tingkat kemulusan bentuk lambung kapal dari suatu desain. *Control point* disesuaikan dengan hasil *render* dengan tujuan agar desain lambung yang dihasilkan memiliki tingkat kemulusan yang tinggi yang dapat dilihat dari gradasi warna yang ada.
5. Setelah desain Rencana Garis telah dilakukan pada perangkat lunak *Maxsurf* maka dilakukan validasi terhadap kriteria hidrostatik antara desain *Maxsurf* dengan perhitungan teknis yang ada. Dan didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel IV.27. Validasi Kriteria Hidrostatik

Kriteria	Maxsurf	Analisa Teknis	Satuan
Displasemen Ton	2405	2403.35	Ton
Volume Displasemen	2345.74	2344.73	m <sup>3</sup>
Sarat Kapal	3.51	3.51	m
Ketinggian Tercelup	3.51	3.51	m
Panjang Garis Air (L <sub>WL</sub> )	61.17	61.17	m
Lebar Kapal (WL)	13.29	13.29	m
C <sub>P</sub>	0.828	0.826	
C <sub>B</sub>	0.822	0.822	
C <sub>M</sub>	0.995	0.996	
C <sub>WP</sub>	0.949	0.890	

6. Apabila *control point* telah disesuaikan, maka desain Rencana Garis dapat dipindahkan dari perangkat lunak *Maxsurf* ke *AutoCad* guna dilakukan pendetailan terhadap gambar Rencana Garis lebih lanjut, meliputi penambahan keterangan gambar, kotak gambar, penggunaan garis teknik, dll.

Untuk gambar *lines plan* lebih detail dapat dilihat di Lampiran B.

#### IV.8.11. Pembuatan Rencana Umum

Gambar Rencana Umum (*General Arrangement*) dapat didefinisikan sebagai gambar yang didalamnya berisi perencanaan dan pembagian ruang untuk semua kebutuhan dan perlengkapan kapal sesuai lokasi dan akses yang dibutuhkan. Dalam pembuatan Rencana Umum ini dilakukan sepenuhnya dengan bantuan *software AutoCad*. Terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam proses pembuatan gambar Rencana Umum, seperti:

##### 1. Perencanaan Peletakan Sistem Konstruksi Kapal

Sistem konstruksi kapal yang digunakan harus diperhatikan dan disesuaikan dengan Rencana Umum kapal tersebut. Sistem konstruksi kapal yang harus diperhatikan antara lain adalah penentuan jarak gading dan penentuan letak sekat seperti dibawah ini:

- Sistem konstruksi yang digunakan adalah konstruksi melintang mengingat kapal ini memiliki panjang kapal 58.81 meter yang masih masuk dalam ke dalam kriteria konstruksi melintang.
- Jumlah gading yang digunakan sebanyak 94 gading dengan 4 gading di belakang AP, dan 90 gading di depan AP (nomor gading -4 sampai 90).

- Jarak gading yang digunakan adalah 600 mm untuk nomor gading -4 sampai 18, untuk gading 18 sampai 81 memiliki jarak gading 750 mm, dan 600 mm untuk nomor gading 81 sampai 90.
- Jumlah sekat ditentukan sebanyak lima buah, yaitu sekat tubrukan pada nomor gading 81, sekat kamar mesin pada nomor gading 18, sekat buritan pada nomor gading 11 dan dua buah sekat ruang muat pada nomor gading 18 dan 81.
- Kapal ini memiliki double bottom dengan ketinggian 1000 mm pada nomor gading 11 sampai 81.

## 2. Perencanaan Ruang Muat

Dalam merencanakan ruang muat SPSHB, ditentukan pertimbangan sebagai berikut:

- Lebar ruang muat (*hopper*) tidak selebar kapal, dikarenakan pada sisi kanan dan kiri direncanakan untuk ada akses jalan (*corridor*) dari sekat kamar mesin sampat ke *forecastle deck*.
- Pada *hopper* tidak terdapat sekat melintang, tinggi ruang muat melebihi dari main deck dan tidak tertutup ruang muatannya. Selain itu pada dasar *hopper* terdapat bukaan pintu (*bottom door*) untuk proses pembuangan material ke laut.
- *Bottom door* terletak disepanjang ruang muat.

## 3. Perencanaan Ruang Akomodasi dan Kamar Mesin

Sebelum merancang tata letak ruang akomodasi terlebih dahulu untuk diketahui kebutuhan akan ruang muat yang akan digunakan. Apabila melihat dari jarak pelayaran yang ditempuh, SPSHB Pelabuhan Lembar – Kab. Buleleng memiliki jarak pelayaran yang cukup jauh. Waktu yang ditempuh untuk melakukan pelayaran dari Pelabuhan Lembar – Kab. Buleleng – Pelabuhan Lembar membutuhkan waktu kurang lebih 17 jam.

Ruang akomodasi terletak bagian dibelakang kapal antara nomor gading 1 sampai 18. Ruang akomodasi dibagi kedalam empat tiga geladak, yaitu *tween deck*, *deck I*, *deck II*, dan *navigation deck*. Penggunaan tiga geladak akomodasi didasari pada kebutuhan jumlah *crew* yang sedikit.

- Pada *tween deck* terdapat *steering gear room*, tangki bahan bakar dan tangki air minum.
- Geladak *deck I* dipusatkan ruang untuk aktivitas para *crew* meliputi ruang *mess room*, *galley*, *provision store*, ruang *laundry*, serta ruang tidur *officer*, *quarter master*,

*engineer*, dan *chief cook* mengingat kapal memiliki kemungkinan untuk adanya waktu tunggu bongkar muat di pelabuhan dan untuk istirahat di saat waktu pelayaran.

- Geladak *deck II* ditempatkan sebagai ruang kerja, ruang CO<sup>2</sup>, ruang generator, gudang, *crew*, serta kamar *chief engineer* dan *captain*. Serta terdapat *lifeboat*
- Dan geladak *navigation deck* digunakan sebagai *wheel house* untuk ruang kendali kapal.
- Lebar akses jalan di dalam geladak akomodasi sebesar 1500 mm untuk luar geladak akomodasi dan 1200 mm untuk dalam geladak akomodasi
- Kamar mesin terletak di bawah geladak *tween deck* pada nomor gading 11 sampai 18. Dimana didalamnya terletak dua buah *main engine* dan dua buah *auxiliary engine* dan terdapat *engine control room* sebagai pusat kontrol terhadap sistem permesinan kapal.

#### 4. Perencanaan Peletakan Tangki

Peletakan tangki direncanakan sebagai berikut:

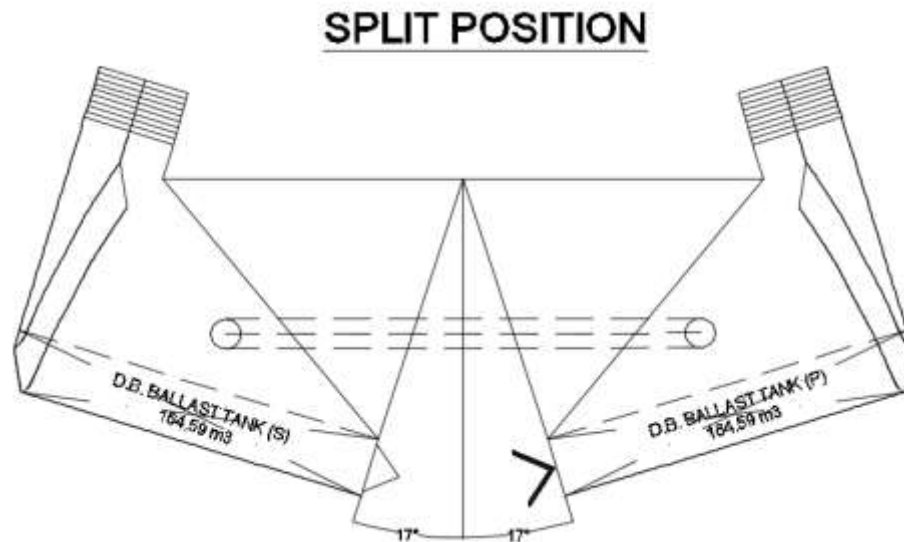
- Terdapat empat buah *ballast tank* yang terletak pada alas ganda dengan susunan pembagian dua tangki berada di sisi kanan kapal (*port side*), dan dua tangki berada di sisi kiri kapal (*starboard side*).
- Tangki bahan bakar yang meliputi tangki *heavy fuel oil (HFO)*, *marine diesel oil (MDO)*, dan minyak pelumas terletak pada nomor gading -1 sampai 6 di ketinggian 2.2 meter di *tween deck*.
- Tangki *fresh water tank* terletak dibelakang tangki bahan bakar berada pada nomor gading -4 sampai -1 dan *fore peak tank* pada nomor gading 81 sampai 90.

#### 5. Pembelahan Lambung

Pada SPSHB proses bongkar muatan kapal dilakukan ditengah laut, hal itu terjadi karena SPSHB melakukan proses bongkar dengan cara pembelahan lambung kapal. Pembelahan lambung kapal direncanakan sebagai berikut:

- Sudut pembelahan lambung yaitu 17 derajat.
- Pembelahan lambung terjadi disepanjang kapal.
- Terdapat dua engsel penahan lambung kapal dibagian ujung depan ruang muat dan ujung belakang ruang muat.

Pada Gambar IV. 13 terlihat bahwa posisi pembelahan lambung SPSHB.



Gambar IV.13. *Split Position* SPSHB

Untuk gambar Rencana Umum lebih detail dapat dilihat di Lampiran B.

#### IV.8.12. Permodelan 3 Dimensi

Pembuatan permodelan 3 Dimensi dibantu oleh *software Google Sketchup* dan *Maxsurf Modeler*. Dalam permodelan 3D terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan seperti:

##### 1 Bentuk Lambung

Bentuk lambung dibuat melalui *software Maxsurf Modeler*, setelah dibuat di *software Maxsurf Modeler*, bentuk lambung di *import* untuk dibuat detailnya di *software Google Sketchup*.

##### 2 Bentuk Bangunan Atas

Bangunan atas kapal dibuat di *software Google Sketchup*. Proses pembuatan bangunan atas menggunakan *tool lines* dan *push/pull* dimana kedua tools tersebut memiliki peranan yang berbeda. *Lines* digunakan untuk membentuk dasar bangunan atas kapal dan *push/pull* digunakan untuk membuat tinggi kapal.

##### 3 Perlengkapan Kapal

Perlengkapan kapal dibuat di *software Google Sketchup*. Pada *Google Sketchup* terdapat tools *3D Warehouse*. Tools tersebut berfungsi untuk mengambil contoh gambar-



gambar yang sudah ada sebelumnya. Untuk memudahkan pembentukan perlengkapan kapal, beberapa bagian diambil atau di unduh melalui tool *3D Warehouse*.

Dari ketiga komponen tersebut menghasilkan dua buah permodelan 3D yaitu SPSHB tidak melakukan pembelahan dan melakukan pembelahan. Untuk detail permodelan 3D dapat dilihat di Lampiran B.

Halaman ini sengaja dikosongkan

## BAB V

### ANALISIS EKONOMIS BIAYA PEMBANGUNAN

Tahapan pertama dalam melakukan estimasi biaya pembangunan adalah menentukan komponen biaya yang dijadikan acuan, dalam hal ini adalah biaya dari komponen baja yang dibutuhkan. Besar biaya komponen baja didapatkan dari berat baja kapal yang dikalikan dengan harga baja per satuan ton. Diketahui berat komponen baja seberat 558.110 ton dan harga baja didapatkan dari indeks harga baja menurut (Krakatau Steel, 2017). Berikut perhitungan kebutuhan biaya komponen baja yang dibutuhkan:

$$\begin{aligned}
 \$ \text{ Steel Plate} &= W_s \times UP_s \\
 W_s &= 558.110 \text{ ton} \\
 UP_s &= \text{Unit Price Baja} \\
 &= \$ 747.0 / \text{ton (Krakatau Steel, 2017)} \\
 \$ \text{ Steel Plate} &= \$ 416.908,43 \\
 \% \text{ Total Cost} &= 21 \%
 \end{aligned}$$

Setelah diketahui besar harga komponen baja yang dibutuhkan, maka dihitung biaya pembangunan dari komponen lainnya berdasarkan harga baja yang dijadikan acuan dan persentase dari masing-masing komponen sesuai (PERTAMINA, 2007). Contoh perhitungan biaya dari persentase yang ada didapatkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \$ \text{ Komponen} &= (\% \text{ Komponen} / \% \text{ Acuan}) \times \$ \text{ Acuan} \\
 \text{Sebagai contoh: Ingin mencari biaya detail dari design cost (\$ Desain)} \\
 \% \text{ Desain} &= 3.00 \% (\text{Total Cost}) \\
 \% \text{ Acuan} &= \% \text{ Steel and profile} \\
 &= 21.00 \% (\text{Total Cost}) \\
 \$ \text{ Acuan} &= \$ \text{ Steel and profile} \\
 &= \$ 416.908,43 \\
 \% \text{ Desain} &= (3.00 / 21.00) \times 416.908,43 \\
 &= \$ 59.558,35
 \end{aligned}$$

Dari contoh perhitungan di atas, maka didapatkan besar biaya pembangunan dengan rincian sebagai berikut:

Tabel V.1. Rekapitulasi Biaya Pembangunan Kapal

Cost	Detail	%	\$
<b>DIRECT COST</b>	1. Hull Part		
	1.a. Steel plate and profile	21.00	\$ 416.908,43
	1.b. Hull outfit, deck machiney and accommodation	7.00	\$ 138.969,48
	1.c. Piping, valves and fittings	2.50	\$ 49.631,96
	1.d. Paint and cathodic protection/ICCP	2.00	\$ 39.705,57
	1.e. Coating (BWT only)	1.50	\$ 29.779,17
	1.f. Fire fighting, life saving and safety equipment	1.00	\$ 19.852,78
	1.g. Hull spare part, tool, and inventory	0.30	\$ 5.955,83
	Subtotal (1)	35.30	\$ 694.847,40
	2. Machinery Part		
	2.a. Propulsion system and accessories	12.00	\$ 239.233,39
	2.b. Auxiliary diesel engine and accessories	3.50	\$ 69.484,74
	2.c. Boiler and Heater (Tidak Ada)	1.00	\$0
	2.d. Other machinery in in E/R	3.50	\$ 69.484,74
	2.e. Pipe, valves, and fitting	2.50	\$ 49.631,96
	2.f. Machinery spare part and tool	0.50	\$ 9.926,39
	Subtotal (2)	23.00	\$ 436.761,22
	3. Electric Part		
	3.a. Electric power source and accessories	3.00	\$ 59.558,35
	3.b. Lighting equipment	1.50	\$ 29.779,17
	3.c. Radio and navigation equipment	2.50	\$ 49.631,96
	3.d. Cable and equipment	1.00	\$ 19.852,78
	3.e. Electric spare part and tool	0.20	\$ 3.970,56
	Subtotal (3)	8.20	\$ 162.792,82
	4. Construction cost		
	Consumable material, rental equipment and labor	20.00	\$ 397.055,65
	Hydraulic	-	\$40.000,00
	Subtotal (4)	20.00	\$ 437.055,65
	5. Launching and testing		

	Subtotal (5)	1.00	\$ 19.852,78
	6. Inspection, survey and certification		
	Subtotal (6)	1.00	\$ 19.852,78
	TOTAL I (sub 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6)	88.50	\$ 1.751.309,87
<b>INDIRECT COST</b>	7. Design cost	3.00	\$ 59.558,35
	8. Insurance cost	1.00	\$ 19.852,78
	9. Freight cost, import duties, IDC, Q/A, guarantee engineer, handling fee, guarantee & warranty cost.	2.50	\$ 49.631,96
	TOTAL II (sub 7+ 8 + 9)	6.50	\$ 129.043,09
<b>MARGIN</b>	TOTAL III	5.00	\$ 99.263,91
<b>GRAND TOTAL (I + II + III)</b>		<b>100.00</b>	<b>\$ 1.979.616,87</b>

Dari rincian estimasi biaya pembangunan di atas, maka diketahui estimasi biaya pembangunan total sebesar 1.979.616,87 USD. Kurs jual USD terhadap Rupiah menurut indeks mata uang Bank Indonesia per tanggal 09 Juli 2017 sebesar Rp. 13.417,00. Maka estimasi biaya pembangunan total dalam Rupiah sebesar Rp.26.560.500.000

Halaman ini sengaja dikosongkan

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **VI.1. Kesimpulan**

Pada Tuga Akhir ini dilakukan analisis secara teknis dan ekonomis pada desain SPSHB untuk mendukung program “Bandara Terapung Kab. Buleleng, Bali”. Berdasarkan hasil analisis teknis dan ekonomis yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil analisis teknis berupa proses optimisasi dengan fungsi tujuan biaya pembangunan paling minimum, maka didapatkan ukuran utama SPSHB sebagai berikut:
  - Length of waterline (LWL) : 61.16 meter
  - Length of perpendicular (Lpp) : 58.81 meter
  - Breadth (B) : 13.29 meter
  - Height (H) : 4.65 meter
  - Draught (T) : 3.51 meter
2. Dari hasil analisis ekonomis yang meliputi biaya pembanguna dari desai SPSHB didapatkan total estimasi biaya pembangunan sebesar 1.979.616,87 USD atau setara dengan Rp. 26.560.500.00.
3. Proses bongkar muat dilakukan di Pelabuhan Lembar, Lombok dan Kabupaten Buleleng, Bali di mana proses muat dibantu oleh hydraulic excavator. Dibutuhkan waktu sekitar 1 jam 20 menit untuk satu kali proses muat dan proses bongkar muatan dilakukan dengan cara kapal melakukan pembelahan lambung.

#### **VI.2. Saran**

Saran yang dapat diberikan pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Karena permasalahan dalam Tugas Akhir ini merupakan solusi terhadap salah satu kebijakan dari Pemerintah Pusat, maka diperlukan adanya peninjauan lebih lanjut terhadap aspek kebijakannya.

2. Perlu adanya peninjauan lebih lanjut terhadap aspek konstruksi dan kekuatan kapal mengingat pada Tugas Akhir ini masih banyak digunakan perhitungan secara pendekatan.
3. Perlu adanya perhitungan dan analisis yang riil terhadap biaya pembangunan kapal yang dibutuhkan untuk membangun SPSHB guna mendukung terealisasinya program Bandara Terapung, Bali.



## DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, Dewi. (2016, Mei 27). Bandara Buleleng Bakal Terapung di Atas Laut. *Tribunnews*. Bali.
- Angkasa Pura II (2013). *Daya Tampung Bandara I Gusti Ngurah Rai Terbesar di Indonesia*. Diakses 4 Januari, 2017. Dari situs Angkasa Pura: <http://www.ap1.co.id/id/information/news-detail/daya-tampung-bandara-i-gusti-ngurah-rai-menjadi-yang-terbesar-di-indonesia-saat-ini>.
- Barrass, D. B. (2004). *Ship Design and Performance for Masters and Mates*. Oxford: Elsevier.
- Badan Pengawasan Keuangan dan Pembangunan Provinsi Bali. (2015). *Rencana Strategis Perwakilan BPKP Provinsi Bali*. Bali: Badan Pengawasan Keuangan dan Pembangunan
- Bringgs Marine and Environmental Services (2014). *Self Propelled Barges*. Diakses 6 November, 2016. Dari situs Bringgs Marine and Environmental Services :<http://www.broggsmarine.com/marine/vessel-charter/self-propelled-barges>.
- Catepillars. (2014). Katalog. *365 L Hydraulic Excavator*. U.S.A.
- Direktorat Pelabuhan dan Pengerukan. (2006). *Pedoman Teknis Kegiatan Pengerukan dan Reklamasi*. DKI Jakarta: Kementerian Perhubungan, Direktorat Jenderal Perhubungan Laut.
- Domanski, Alan. (2016, Mei 27). Airport Kinesis Siap Bangun Bandara Baru di Buleleng Bali. *Tempo*. Bali.
- Friendship Systems. (2015). *Desain Spiral*. Diakses 4 Januari, 2017. Dari situs Friendship Systems: <https://www.friendship-systems.com/about-us/newsletter/frameworker-2011/r-and-d>.)
- Google (2017). *Peta Pulau Bali dan Lombok*. Diakses 4 Januari, 2017. Dari situs Google Maps: <https://www.google.co.id/maps/@-8.3870793,115.2486317,9z?hl=en>.
- Google. (2016). *Split Hopper Barge*. Diakses 5 November, 2016, Dari situs Google Photos: <http://www.google.co.id/search?q=split+hopper+barge>
- Haq, G.H. (2015). Tugas Akhir. *Desain Self-Propelled Container Barge (SPCB) Pengangkut Peti Kemas Berbasis Jalur Sungai Pada Program Tol Sungai Cikarang Bekasi Laut (CBL) – Tanjung Priok*. Surabaya.
- International Maritime Organization (IMO). (Edisi 2009). *International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974, pengembangan dari (SOLAS 1974)*. London: IMO Publishing.
- International Maritime Organization (IMO). (Edisi 2005). *International Convention on Load Lines, 1966, pengembangan dari (IMO 1966)*. London: IMO Publishing.
- International Maritime Organization (IMO). (Edisi 2008). *Intactl Stability for All Types of Ship, 1974, pengembangan dari (IMO 1974)*. London: IMO Publishing.
- Jaelani, M.R.A (2016). Tugas Akhir. *Desain Dredger Berbasis Jalur Sungai Pada Program Tol Sungai Cikarang Bekasi Laut (CBL) – Tanjung Priok*. Surabaya.
- Joint Working Group on Dredgers Operating at Reduced Freeboard. (2010). *Guidelines for The Assignment of Reduced Freeboard for Dredger, DR-68*. Rotterdam: Ministry of Transport, Public Work and Water Management, Directorate General for Civil Aviation and Freight Transport.

- Kamus Besar Bahasa Indonesia. (2016). *Pengertian Bandara*. Diakses 4 Januari, 2017. Dari situ KBBI: <http://www.kbbi.web.id/bandara>.
- Kamus Besar Bahasa Indonesia. (2016). *Pengertian Apung*. Diakses 4 Januari, 2017. Dari situs KBBI: <http://www.kbbi.web.id/apung>.
- Khafid, Supriyanto (2016, Febuari 29). 30 Juta Kubik Pasir Laut Lombok untuk Reklamasi Teluk Benoa. *Tempo*. Bali.
- Korean Register (KR). (Edisi 2010). *Rules for Towing Survey of Barges and Tugboats. perubahan dari (Rules 1999)*. Korea: Korean Register.
- Krakatau Steel (2017). *Historical Price, per 1 January 2017*. Diakses 15 April, 2017. Dari situs Indo Trading: <http://www.daftarharga.bix/harga-besi-plat>.
- Kusumaputra. R.A (2011, Maret 26). Balu Bangun Bandara Internasional Baru di Buleleng. *Kompas*. Bali.
- Lewis, E. V. (1988). *Principles of Naval Architecture Volume II*. Jersey City: The Society of Naval Architectures and Marine Engineers.
- Mahendra. I. N. A. (2013). *Bandara Dengan Konsep Megaafloat sebagai Solusi Pemerataan Pembangunan Bali Utara*, Bali: Kementerian Riset dan Teknologi Pendidikan Tinggi.
- Navionics (2017). *Boating, pengembangan dari (Boating, 2015)*. Massarosa, Italia: Play Store
- Parsons, M. G. (2001). *Parametric Design, Chapter 11*. Michigan: University of Michigan.
- PERTAMINA. (2007). *Estimasi Harga Pembangunan Kapal Baru*. Jakarta: PERTAMINA.
- Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia No. 60. (2014). *Penyelenggaraan dan Pengusahaan Bongkar Muat Barang dari dan ke Kapal*. Jakarta
- Pike. R. W, Balton. (1986). *Optimization for Engineering Systems* . Lousiana: Louisiana State University.
- Tabaczek, T. (2007). *Analysis of Hull Resistance of Pushed Barges in Shallow Water. Polish Maritim Research*.
- Robert Allan Ltd. *Naval Architects and Marine Engineers*. (2014). *Barges Design*. Dari Robert Allan Ltd. Diakses 5 November, 2016. Dari situs Robert Allan Ltd: <http://www.ral.ca/designs/barges.html>.
- Schneekluth, H., & Betram, V. (1998). *Ship Design for Efficiency and Economy (second edition)*. Oxford: Plant A Tree.
- Suhandjito .G (n.d). Tentang Rencana Umum. *Digital Handout*.
- Yanmar (2014). Katalog. *Marine Diesel Engine*. Japan.

**LAMPIRAN A**  
**PERHITUNGAN TEKNIS DAN EKONOMIS**

## SUMMARY

### Owner Requirement

Jenis Kapal =	Self-Propelled Split Hopper Barge
Jenis Muatan =	Pasir
Payload =	1560,00 Ton
Kecepatan Dinas =	8 kn
Rute Pelayaran =	Kabupaten Buleleng, Bali - Pelabuhan Lembar, Lombok
Radius Pelayaran =	67,711 nm
Daerah Pelayaran =	Perairan Domestik (Indonesia)

### Main Dimension

Length (L) =	58,81 m
Length of Waterline ( $L_{WL}$ ) =	61,17 m
Breadth (B) =	13,29 m
Draft (T) =	3,5 m
Height (H) =	4,65 m
Displacement ( $\bar{V}$ ) =	2344,729 m <sup>3</sup>
Displacement ( $\Delta$ ) =	2403,347 ton

### Ratio and Coefficient

L/B =	4,425
B/T =	3,790
L/T =	16,770
$C_B$ =	0,822
$C_M$ =	0,996
$C_P$ =	0,826
$C_{WP}$ =	0,890

### Resistance and Powering

$R_T$ =	34,041 kN		
$P_{Req.}$ =	292,373 x 2 kW		
$P_{MainEngine}$ =	298 x 2 kW	Yanmar	6HA2M-WDT
$P_{GenReq.}$ =	73,093 x 2 kW		
$P_{Generator}$ =	83 x 2 kW	GenSet	MG 90 S-P

### Mass and Center of Mass

DWT =	1571,718 ton
LWT =	783,562 ton
LWT + DWT =	2355,280 ton
LCB =	28,151 m (FP)
LCG =	28,762 m (FP)
Freeboard =	1145 m

### Building Cost

\$ Direct =	\$1.751.309,87
\$ Indirect =	\$129.043,09
\$ Margin =	\$99.263,91
\$ Total =	\$1.979.616,87
Rp Total =	Rp26.560.519.603

OPTIMIZING
------------

CHANGING VARIABLE							
	ITEM	UNIT	SYMBOL	MIN	VALUE	MAX	STATUS
Main Dimensions	Length	m	L	49,437	58,81	68,558	ACCEPTED
	Breadth	m	B	13,292	13,29196	15,890	ACCEPTED
	Draft	m	T	2,868	3,50704	3,834	ACCEPTED
	Height	m	H	4,652	4,65219	5,473	ACCEPTED

CONSTRAINT							
	ITEM	UNIT	SYMBOL	MIN	VALUE	MAX	STATUS
Froude Number	$F_n = V / (g \times L_{pp})^{0.5}$		$F_n$	0,159	0,171	0,187	ACCEPTED
Ratio	Length / Breadth		L/B	3,5	4,425	10	ACCEPTED
	Breadth / Draft		B/T	1,8	3,790	5	ACCEPTED
	Length / Draft		L/T	10	16,770	30	ACCEPTED
Displacement	Displacement Correction ( $\Delta - (LWT + DWT)$ )	%		2	2,000	10	ACCEPTED
Center of Mass	Center of Mass Correction (LCB - LCG)	%		0	1,000	1	ACCEPTED
Freeboard	Minimum freeboard	mm	$F_s$	1,082	1,145		ACCEPTED

OBJECTIVE FUNCTION			
	ITEM	UNIT	VALUE
Building Cost	Direct Cost	\$	1751309,873
	Indirect Cost	\$	129043,0879
	Margin Cost	\$	99263,91373
	Total Cost	\$	1979616,874



### Data Kapal Pembanding SHB

	Name	Class	DWT (ton)	Dis. (ton)	L <sub>PP</sub> (m)	B (m)	T (m)	H (m)
1	Geelvinck	Bureau Veritas	2700	3600	77,20	11,37	4,55	5,60
2	Elbe	Bureau Veritas	1570	2093,333	60,86	15,00	3,37	4,05
3	Fedra	Bureau Veritas	1000	1333,333	57,22	11,40	3,20	4,00
4	Gemok 154	Bureau Veritas	2500	3333,333	56,00	18,00	4,13	6,20
5	Geelvinck	Bureau Veritas	2700	3600	77,20	11,37	4,55	5,60
6	Concepcion	Bureau Veritas	3400	4533,333	76,40	17,25	3,60	5,85
7	Split 4	Bureau Veritas	1200	1600	62,95	11,00	3,70	4,00
8	Rind	Bureau Veritas	1500	2000	57,00	11,70	3,80	4,60
9	Hua Quan 666	CCS	3000	4000	64,50	16,00	4,51	5,60

	= Data diambil
	= Data asumsi*
	= Data tidak tersedia





## II. Penentuan Ukuran Utama Awal

### II.1 The Geosim Procedure

*Ref: Ship and Performance for Masters and Mates, page 7.*

*Geosim Procedure* merupakan metode penentuan ukuran utama yang digunakan ketika sebuah permintaan memiliki kesamaan geometris dengan kapal pembanding, dalam hal ini dapat digunakan satu kapal pembanding (*parent ship*). Metode ini pun biasa digunakan untuk menentukan ukuran utama pada kapal jenis baru dikarenakan keberadaan kapal yang masih terbatas dengan menggunakan perbandingan geometris ukuran utama (K).

Data yang dibutuhkan untuk menggunakan metode ini adalah ukuran utama kapal (L, B, T, dan H) dengan  $C_D$  (Coefficient Displacement) dan  $C_B$  (Coefficient Block) yang hampir serupa.

> **Metode Geosim dapat dihitung dengan persamaan:**

$$(L_2/L_1)^3 = W_2/W_1$$

$L_2/L_1 = K$  = Koefisien perbandingan geometris suatu kapal

$W_2$  = DWT kapal yang akan dicari (ton)

$W_1$  = DWT kapal *parent ship* (ton)

$$L_2 = L_1 \times K \quad (\text{m})$$

$$B_2 = B_1 \times K \quad (\text{m})$$

$$T_2 = T_1 \times K \quad (\text{m})$$

$$H_2 = H_1 \times K \quad (\text{m})$$

### II.2 Perhitungan Ukuran Utama Awal Menggunakan Metode *The Geosim Procedure*

#### II.2.1 Parent Ship = M.V. HUA QUAN 666

$$W_1 = 3000 \text{ ton}$$

$$\Delta_1 = 4000 \text{ ton}$$

$$L_1 = 64,50 \text{ m}$$

$$B_1 = 16,00 \text{ m}$$

$$T_1 = 4,51 \text{ m}$$

$$H_1 = 5,60 \text{ m}$$

$$C_D = 0,750$$

$$C_B = 0,838$$

$$W_2 = 1720 \text{ ton}$$

$$\Delta_2 = \text{DWT} / C_D$$

$$C_D = 0,750$$

$$\Delta_2 = 1720 / 0.001$$

$$= 2293,33 \text{ ton}$$

$$(L_2/L_1)^3 = W_2/W_1$$

$$L_2/L_1 = (W_2/W_1)^{1/3}$$
$$(1720 /$$

$$3000)^{1/3}$$

$$L_2/L_1 = 0,8307$$

$$K = 0,8307$$

$L_2 =$	$L_1 \times K =$	$065 \times$ $00.001 =$	$53,5832$	$m$
$B_2 =$	$B_1 \times K =$	$016 \times$ $00.001 =$	$13,292$	$m$
$T_2 =$	$T_1 \times K =$	$005 \times$ $00.001 =$	$3,74667$	$m$
$H_2 =$	$H_1 \times K =$	$006 \times$ $00.001 =$	$4,65219$	$m$

Displacement Check

$$\begin{aligned}
 \Delta_2 &= L_2 \times B_2 \times T_2 \times C_B \times \rho \\
 &= 054 \times 013 \times 004 \times 0.001 \times 1.025 \\
 &= 2293,3333 \text{ ton} \\
 &\text{Displacement} \\
 &= \text{Sesuai}
 \end{aligned}$$

## II.2.2 Parent Ship = M.V. Fedra

$W_1 =$	$1000 \text{ ton}$	$W_2 =$	$1720 \text{ ton}$
$\Delta_1 =$	$1333,3333 \text{ ton}$	$\Delta_2 =$	$DWT / C_D$
$L_1 =$	$57,22 \text{ m}$	$C_D =$	$0,750$
$B_1 =$	$11,40 \text{ m}$	$\Delta_2 =$	$1720 / 0.001$
$T_1 =$	$3,20 \text{ m}$	$=$	$2293,33 \text{ ton}$
$H_1 =$	$4,00 \text{ m}$		
$C_D =$	$0,750$		
$C_B =$	$0,623$		

$$\begin{aligned}
 (L_2/L_1)^3 &= W_2/W_1 \\
 L_2/L_1 &= (W_2/W_1)^{1/3} \\
 &= (1720 / 1000)^{1/3} \\
 L_2/L_1 &= 1,1981 \\
 K &= 1,1981
 \end{aligned}$$

$L_2 =$	$L_1 \times K =$	$057 \times$ $00.001 =$	$68,5579$	$m$
$B_2 =$	$B_1 \times K =$	$011 \times$ $00.001 =$	$13,6589$	$m$
$T_2 =$	$T_1 \times K =$	$003 \times$ $00.001 =$	$3,83406$	$m$
$H_2 =$	$H_1 \times K =$	$004 \times$ $00.001 =$	$4,79258$	$m$

Displacement Check

$$\begin{aligned}
 \Delta_2 &= L_2 \times B_2 \times T_2 \times C_B \times \rho \\
 &= 069 \times 014 \times 004 \times 0.001 \times 1.025 \\
 &= 2293,3333 \text{ ton} \\
 &\text{Displacement} \\
 &= \text{Sesuai}
 \end{aligned}$$

### II.2.3 Parent Ship = Gemok 154

$$\begin{aligned} W_1 &= 2500 \text{ ton} \\ \Delta_1 &= 3333 \text{ ton} \\ L_1 &= 56,00 \text{ m} \\ B_1 &= 18,00 \text{ m} \\ T_1 &= 4,13 \text{ m} \\ H_1 &= 6,20 \text{ m} \\ C_D &= 0,750 \\ C_B &= 0,781 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_2 &= 1720 \text{ ton} \\ \Delta_2 &= \text{DWT} / C_D \\ C_D &= 0,750 \\ \Delta_2 &= 1720 / 0.001 \\ &= 2293,33 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (L_2/L_1)^3 &= W_2/W_1 \\ L_2/L_1 &= (W_2/W_1)^{1/3} \\ &= (1720 / 2500)^{1/3} \\ L_2/L_1 &= 0,8828 \\ K &= 0,8828 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_2 &= L_1 \times K = 56 \times 0,8828 = 49,4369 \text{ m} \\ B_2 &= B_1 \times K = 18 \times 0,8828 = 15,8904 \text{ m} \\ T_2 &= T_1 \times K = 4,13 \times 0,8828 = 3,64597 \text{ m} \\ H_2 &= H_1 \times K = 6,20 \times 0,8828 = 5,47337 \text{ m} \end{aligned}$$

#### Displacement Check

$$\begin{aligned} \Delta_2 &= L_2 \times B_2 \times T_2 \times C_B \times \rho \\ &= 49 \times 16 \times 0,004 \times 0,001 \times 1.025 \\ &= 2293,3333 \text{ ton} \\ &\text{Displacement} \\ &= \text{Sesuai} \end{aligned}$$

### II.2.4 Parent Ship = M.V Conception

$$\begin{aligned} W_1 &= 3400 \text{ ton} \\ \Delta_1 &= 4533 \text{ ton} \\ L_1 &= 76,40 \text{ m} \\ B_1 &= 17,25 \text{ m} \\ T_1 &= 3,60 \text{ m} \\ H_1 &= 5,85 \text{ m} \\ C_D &= 0,750 \\ C_B &= 0,932 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_2 &= 1720 \text{ ton} \\ \Delta_2 &= \text{DWT} / C_D \\ C_D &= 0,750 \\ \Delta_2 &= 1720 / 0.001 \\ &= 2293,33 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (L_2/L_1)^3 &= W_2/W_1 \\ L_2/L_1 &= (W_2/W_1)^{1/3} \end{aligned}$$

$$L_2/L_1 = (1720 / 3400)^{1/3}$$

$$L_2/L_1 = 0,7968$$

$$K = 0,7968$$

$$L_2 = L_1 \times K = 076 \times 00.001 = 60,8756 \text{ m}$$

$$B_2 = B_1 \times K = 017 \times 00.001 = 13,7448 \text{ m}$$

$$T_2 = T_1 \times K = 004 \times 00.001 = 2,86848 \text{ m}$$

$$H_2 = H_1 \times K = 006 \times 00.001 = 4,66129 \text{ m}$$

Displacement Check

$$\Delta_2 = L_2 \times B_2 \times T_2 \times C_B \times \rho$$

$$= 061 \times 014 \times 003 \times 0.001 \times 1.025$$

$$= 2293,3333 \text{ ton}$$

Displacement  
= Sesuai

### **II.3 Rekapitulasi Penentuan Ukuran Utama Awal (*The Geosim Procedure*)**

	M.V Hua Quan 66	M.V. Fedra	M.V Gemok 154	M.V Cenception
L <sub>PP</sub> (m)	53,58	68,56	49,44	60,88
B (m)	13,29	13,66	15,89	13,74
T (m)	3,75	3,83	3,65	2,87
H (m)	4,65	4,79	5,47	4,66

### III. Main Dimension

#### III.1 Owner Requirement

Jenis Kapal = Self-propelled Split Hopper Barge (SPSHB)  
Jenis Muatan = Pasir  
Payload = 1206 Ton  
                    kn                      4,1155  
Kecepatan Dinas = 8 = 6 m/s  
Rute Pelayaran = Kabupaten Buleleng, Bali - Pelabuhan Lembar, Lombok  
                    125, km                      67,710  
Radius Pelayaran = 4 = 6 mil laut  
Daerah Pelayaran = Perairan Domestik (Indonesia)

#### III.2 Dimensions (The Geosim Method)

                    60,8  
 $L_{pp} =$  8 m  
                    13,7  
B = 4 m  
T = 2,87 m  
H = 4,66 m

                    1,02                      (Salt water at  
 $\rho_{sw} =$  5 ton/m<sup>3</sup> 15°C)  
g = 9,81 m/s<sup>2</sup>

#### III.3 Dimensions (Solved)

                    58,8  
 $L_{pp} =$  1 m  
                    13,2  
B = 9 m  
T = 3,51 m  
H = 4,65 m



## Cargo Hold

Payload : 1560 ton  
 Hopper Volume : 1100 m<sup>3</sup>  
 Massa Jenis Pasir : 1,42 ton/m<sup>3</sup>

Dimensi Kapal  
 L = 58,81 m  
 B = 13,29 m  
 H = 4,65 m

### Batasan

Ruang kosong disamping muatan,

Bmin = 1,5 m

Simetris kanan kiri = 3 m

$$A1 = \frac{1}{2} (A \times T) = 5,08 \text{ m}^2$$

$$A2 = P \times L = 5,08 \text{ m}^2$$

$$A3 = \frac{1}{2} (A \times T) = 16,002$$

$$\text{Total Luasan} = 26,162 \text{ m}^2$$

Dengan Asumsi Awal, total panjang ruang muat = 70 % dari panjang Lpp

$$\text{Length of Cargo Hold} = 0,7 \times$$

$$(\text{Lch}) = 67,34$$

$$41,169$$

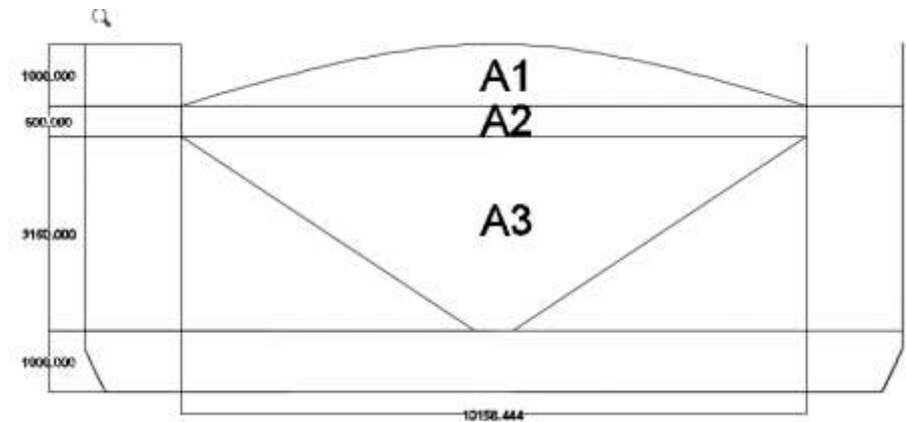
$$45 \text{ m}$$

$$\text{Height of Cargo Hold (HCH)} = 5,65$$

Maka, untuk memenuhi kapasitas hopper sebesar 1100 m<sup>3</sup> dibutuhkan luasan penampang melintang ruang muat sebesar :

$$\text{Total Luasan} = 1100/45$$

$$24,4444444$$







#### IV. PERHITUNGAN KOEFISIEN

(Ref: Principles of Naval Architecture Vol.II)

(Ref: Parametric Design Ch. II)

(Ref: Biro Klasifikasi Indonesia, 2009)

##### Input Data :

$L_o =$	58,81 m	$F_n =$	0,171
$B_o =$	13,29 m	$V_s =$	8 knot
$H_o =$	4,65 m	$=$	4,115 m/s
$T_o =$	3,51 m	$\rho =$	1,025 ton/m <sup>3</sup>

Perhitungan :

##### IV.1 Lwl

$$L_{wl} = L_{pp} + 4\% L_{pp} = 1,04 L_{pp}$$

$$= 61,17 \text{ m}$$

##### IV.2 Froude Number (Fn)

$$F_{n_o} = \frac{V_s}{\sqrt{g \cdot L}} \quad L = L_{pp} \quad g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$= 0,171$$

##### IV.3 Perhitungan ratio ukuran utama kapal :

(Ship Design for Efficiency & Economy hlm. 160)

Ratio	Ketentuan	Nilai	Status
$L_o/B_o$	$4,7 < L/B < 7,63$	4,425	Memenuhi
$L_o/H_o$	$8,12 < L/H < 15,48$	12,642	Memenuhi
$B_o/H_o$	$1,427 < B/H < 2,38$	2,857143	Memenuhi
$B_o/T_o$	$1,84 < B/T < 2,98$	3,790	Memenuhi

(P restricted ocean service)	
$H > L/16$	$9,3 > 7,125$
$L/16 =$	3,675808
$H =$	9,3
status :	memenuhi

(Principle of Naval Architecture Vol.1 hlm.19)

Ratio	Ketentuan	Nilai	Status
$L_o/B_o$	$3,5 \leq L/B \leq 10$	4,42	Memenuhi
$B_o/T_o$	$1,8 \leq B/T \leq 5$	3,79	Memenuhi
$L_o/T_o$	$10 \leq L/T \leq 30$	16,77	Memenuhi

ratio T/H = 0.7-0.8	
$T/H =$	0,753848
status:	memenuhi

##### IV.4 Block Coeffisien (Cb) (Watson & Gilfillan) :

$$C_b = -4,22 + 27,8 \sqrt{F_n} - 39,1 F_n + 46,6 F_n^3 \quad \text{syarat : } 0,15 \leq F_n \leq 0,32$$

$$= 0,822$$

##### IV.5 Midship Section Coeffisien (Cm) (Series 60')

$$C_m = 0,977 + 0,085(C_b - 0,6)$$

$$= 0,996$$

##### IV.6 Prismatic Coeffisien (Cp)

$$C_p = C_b / C_m$$

$$= 0,826$$

#### **IV.7 Waterplan Coeffisien (Cwp)**

$$\begin{aligned}C_{wp} &= 0.262 + 0.76 \text{ cp} \\ &= 0.890\end{aligned}$$

#### **IV.8 Longitudinal Center of Bouyancy (LCB)**

$$\begin{aligned}LCB &= 8.80 - 38.9 F_n \\ &= 2.1354681 \text{ } \frac{\%}{L_{pp}} \\ \text{LCB dari Midship :} \\ &= \frac{(LCB\% / 100) \cdot L_{pp}}{1} = 1.2559 \text{ m dari Midship} \\ \text{LCB dari AP :} \\ &= 0.5 \cdot L_{pp} + LCB_m = 30.7 \text{ m dari AP} \\ \text{LCB dari FP :} \\ &= L_{pp} - LCB \text{ dari AP} = 28.15 \text{ m dari FP}\end{aligned}$$

#### **IV.9 Volume Displacement (m3)**

$$\begin{aligned}\nabla &= L \cdot B \cdot T \cdot CB \\ &= 2.344,73 \text{ m}^3\end{aligned}$$

#### **IV.10 Berat Displacement (ton)**

$$\begin{aligned}\Delta &= L \cdot B \cdot T \cdot CB \cdot \gamma \\ &= 2.403,35 \text{ ton}\end{aligned}$$

## V. Perhitungan Hambatan Kapal

(Ref: Rules for the Towing Survey of Barges and Tugboats)

$$R_t = R_f + R_w + R_a$$

$$4,730016686 \text{ ton}$$

$$R = 47,30016686 \text{ kN}$$

$$R_f = 0,000136 \times F_1 \times A_1 \times V_2$$

$$0,920607102 \text{ ton}$$

$$\frac{d_i}{\text{mana=}}$$

$$F_1 = 1$$

$$A_1 = 1058 \text{ m}^2$$

$$V_2 = 8 \text{ knots}$$

$$R_w = 0,014 \times C \times F_2 \times A_2 \times v_2$$

$$3,759070844 \text{ ton}$$

$$\frac{d_i}{\text{mana=}}$$

$$F_2 = 0,3/0,5$$

$$A_2 = 46,6155 \text{ m}^2$$

$$V_2 = 8 \text{ knots}$$

$$C = 1,2$$

$$R_a = 0,0000195 \times C_s \times C_H \times A_3 \times (V_w + V)^2$$

$$0,050338739 \text{ ton}$$

$$\frac{d_i}{\text{mana=}}$$

$$C_s = 0,5$$

$$C_H = 1$$

$$A_3 = 114,911 \text{ m}^2$$

$$V_w = 36,93 \text{ knots}$$

$$V = 8 \text{ knots}$$

$$R_t = 48,30016686 \text{ kN}$$

## VI. Propulsion Calculation

### Input Data :

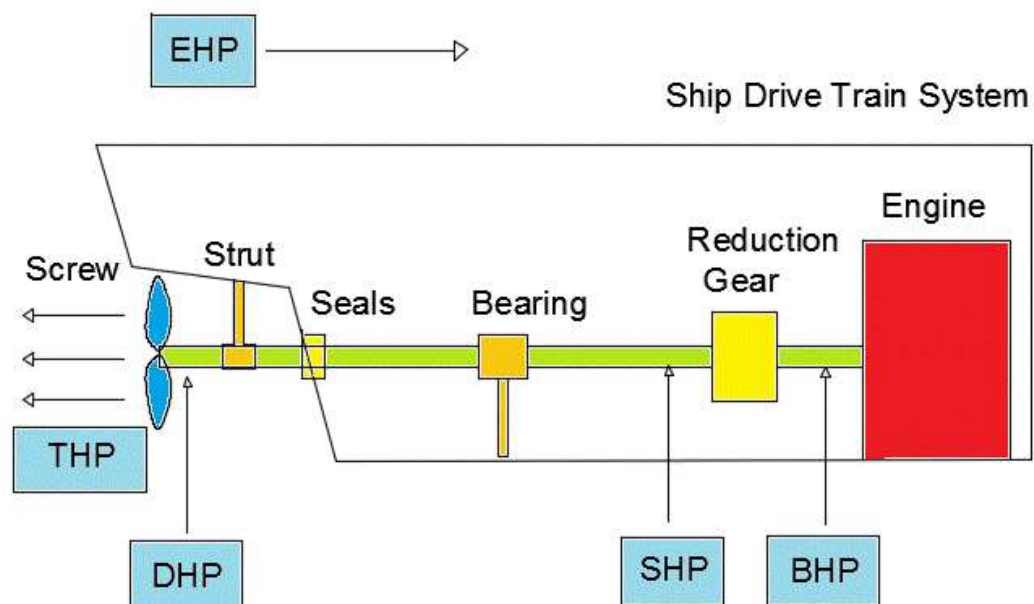
$L_{PP} =$	58,81	m	$L_{WL} =$	61,2	m
$B =$	13,29	m	$F_n =$	0,17	
$T =$	3,5	m	$C_B =$	0,822	
$H =$	4,65	m	$C_M =$	0,996	
$V_s$ design			$C_P =$	0,826	
$=$	8,00	kn	$C_{WP} =$	0,890	
$=$	4,12	m/s	$LCB =$	1,26	m (fwd. amidship)
$\rho =$	1,025	ton/m <sup>3</sup>	$=$	28,15	m (from FP)
$g =$	9,81	m/s <sup>2</sup>	$=$	2,135	% L
$V =$	2.344,73	m <sup>3</sup>	$R_T =$	48,3002	kN
$\Delta =$	2403,35	ton	$D =$	1,16901	m/screw
1 HP =	0,7457	kW			

Perhitungan sistem propulsi kapal menggunakan referensi:

*Ref: Principles of Naval Architecture Vol. II - Resistance, Propulsion, and Vibration.*

*Ref: Parametric Design - Chapter 11.*

### Ship Drive Train System Diagram



### VI.1 Effective Power ( $P_E$ ) Calculation

*Ref: PNA Vol. II, page 2.*

$P_E =$  Power yang dibutuhkan untuk melawan hambatan yang terjadi pada kapal sehingga kapal dapat bergerak sesuai dengan kecepatan.

$$P_E = R_T \times V_s$$

$R_T$  = Total Resistance (kW)

$V_S$  = Service speed (m/sec)

$$\begin{array}{llll} P_E = 048 \times 0.004 & P_{E/SCREW} & = P_E / 2 & = (P_E / \text{propeller}) \\ = 198,765 \text{ kW} & & = 99,3824 \text{ kW} & \\ = 266,548 \text{ HP} & & = 133,274 \text{ HP} & \end{array}$$

## **VI.2 Delivered Power ( $P_D$ ) Calculation**

*Ref: PNA Vol. II, page 153 & 163.*

$P_D$  = Power yang sampai di propeller. Dipengaruhi oleh hull efficiency, relative-rotative efficiency, dan open water efficiency.

$$P_D = P_E / \eta_D$$

$P_E$  = Effective Power (kW)

$\eta_D$  = Propeller Efficiency

$$\eta_D = \eta_H \times \eta_R \times \eta_O$$

$\eta_H$  = Hull Efficiency

$\eta_R$  = Relative-rotative Efficiency

$\eta_O$  = Open Water Efficiency

### **VI.2.1 Hull Efficiency ( $\eta_H$ ) Calculation**

*Ref: PNA Vol. II, page 153.*

$\eta_H$  = Hull Efficiency

$$\eta_H = (1 - t) / (1 - w)$$

$t$  = Thrust deduction

$w$  = Wake Fraction

#### **VI.2.1.1 Wave Fraction ( $w$ ) Calculation**

*Ref: PNA Vol. II, page 160.*

Wave fraction for twin screw ships:

$$\begin{array}{l} w = 2 \times C_B^5 (1 - C_B) + 0.04 \\ w = 2 \times 0.001^5 \times (1 - 0.001) + 0.04 \\ = 0,19762 \end{array}$$

#### **VI.2.1.2 Thrust Deduction ( $t$ ) Calculation**

*Ref: PNA Vol. II, page 160.*

Thrust deduction for twin screw ships with struts:

$$\begin{array}{l} t = 0.70 w + 0.06 \\ = 0.70 \times 0.000 + 0.06 \\ = 0,19834 \end{array}$$

### Hull Efficiency ( $\eta_H$ ) Calculation

*Ref: PNA Vol. II, page 153.*

$$\begin{aligned}\eta_H &= (1 - t) / (1 - w) \\ &= (1 - 0.000) / (1 - (0.000)) \\ &= 0,99911\end{aligned}$$

### VI.2.2 Open Water Efficiency ( $\eta_o$ ) Calculation

*Ref: PNA Vol. II, page 151.*

$$\begin{aligned}\eta_o &= \text{Open Water Efficiency} \\ \eta_o &= 0,550\end{aligned}$$

### VI.2.3 Relative-rotative Efficiency ( $\eta_R$ ) Calculation

*Ref: PNA Vol. II, page 153.*

$$\begin{aligned}\eta_R &= \text{Relative-rotative Efficiency} \\ \text{Relative-rotative Efficiency equations for twin screw ships:} \\ \eta_R &= 0.9737 + 0.111 (C_P - 0.0225 \text{ LCB}) + (-0.06325 \text{ P/D}) \\ \text{P/D} &= \text{Pitch ratio} \\ &= 1,00 \\ \eta_R &= 0.9737 + 0.111 \times (0.001 - 0.0225 \times 0.002 + (-0.06325 \times 0.01)) \\ &= 0,99677\end{aligned}$$

### Maka, Propeller Efficiency ( $\eta_D$ ):

$$\begin{aligned}\eta_D &= \eta_H \times \eta_R \times \eta_o \\ &= 0.000001 \times 0.001 \times 0.001 \\ &= 0,54774\end{aligned}$$

### Maka, Delivered Power ( $P_D$ ) :

$$\begin{aligned}P_D &= P_E / \eta_D & P_{D/SCREW} &= (P_{E/SCREW}) / \eta_D & &= (P_D / \text{propeller}) \\ &= 199 / 0.001 & &= 099 / 0.001 \\ &= 362,883 \text{ kW} & &= 181,442 \text{ kW} \\ &= 486,634 \text{ HP} & &= 243,317 \text{ HP}\end{aligned}$$

### VI.3 Shaft Power ( $P_S$ ) Calculation

*Ref: Parametric Design Chap. 11, page 29 & 31.*

$$\begin{aligned}P_S &= \text{Power yang telah melewati proses transmisi pada reduction gear.} \\ P_S &= P_D / \eta_S \eta_B \\ \eta_S \eta_B &= \text{Sterntube and Line Bearing Efficiency} \\ &\quad \text{(for machinery aft.)} \\ &= 0,98\end{aligned}$$

$$= 0,97 \quad (\text{for machinery amidship})$$

Letak kamar mesin di belakang, maka:

$$\eta_S \eta_B = 0,98$$

$$\begin{aligned} P_S &= \frac{P_D}{\eta_B} & P_{S/SHAFT} &= \frac{(P_{D/SCREW})}{\eta_S \eta_B} = (P_S / \text{poros}) \\ &= 363 / 001 & &= 181 / 001 \\ &= 370,289 \text{ kW} & &= 185,144 \text{ kW} \\ &= 496,565 \text{ HP} & &= 248,283 \text{ HP} \end{aligned}$$

#### **VI.4 Break Power ( $P_B$ ) Calculation**

*Ref: Parametric Design Chap. 11, page 29 & 33.*

$P_B$  = Power minimum yang dibutuhkan oleh mesin penggerak utama.

$$P_B = P_S / \eta_T$$

$\eta_T$  = Transmission Efficiency

$$\eta_T = \prod (1 - li)$$

$li$  = 0,010 for each gear reduction

$li$  = 0,005 for the trust bearing

$li$  = 0,010 for a reversing gear path

$$\begin{aligned} \eta_T &= (1 - 0.000) \times (1 - 0.000) \times (1 - 0.000) \\ &= 0,9752 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_B &= P_S / \eta_T & P_{B/ENG.} &= \frac{(P_{S/SHAFT})}{\eta_T} = (P_B / \text{main engine}) \\ &= 370 / 001 & &= 185 / 00.001 \\ &= 379,706 \text{ kW} & &= 189,853 \text{ kW} \\ &= 509,194 \text{ HP} & &= 254,597 \text{ HP} \end{aligned}$$

#### **VI.5 Voyage Margin Calculation**

Voyage = Perairan Indonesia

Margin = 10%

$$P_B = 379,706 \text{ kW}$$

Margin = 37,9706 kW

$$\begin{aligned} P_{B+M} &= P_B + M_{\text{voyage}} & P_{B+M/ENG.} &= P_{B/ENG.} + M_{\text{voyage}} = (P_{B+M} / \text{main engine}) \\ &= 380 + 10\% & &= 190 + 10\% \\ &= 417,676 \text{ kW} & &= 208,838 \text{ kW} \\ &= 560,113 \text{ HP} & &= 280,057 \text{ HP} \end{aligned}$$

## **VI.6 Maximum Continuous Rating (MCR) Calculation**

*Ref: Parametric Design Chap. 11, page 29.*

MCR = Margin pada power yang disebabkan oleh penambahan power design margin dan power service margin

$$MCR = P_B \times (1 + M_D) / (1 - M_S)$$

$M_D$  = Power Design Margin (3-5%)

$M_S$  = Power Service Margin (15-25%)

$$M_D = 5\%$$

$$M_S = 25\%$$

$$\begin{aligned} MCR &= 418 \times (1 + 0.000) / (1 - 0.000) & MCR_{/ENG.} &= 209 \times (1 + 0.000) / (1 - 0.000) \\ &= 584,747 \text{ kW} & &= 292,373 \text{ kW} \\ &= 784,158 \text{ HP} & &= 392,079 \text{ HP} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{TOTAL} &= 584,747 \text{ kW} & P_{TOTAL/ENG.} &= 292,373 \text{ kW} \\ &= 784,158 \text{ HP} & &= 392,079 \text{ HP} \end{aligned}$$

Total power dibutuhkan untuk menjalankan kapal yang memiliki dua buah propeller. dan dua buah mesin, maka untuk setiap mesinnya dibutuhkan power sebesar:

$$\begin{aligned} P &= 585 / 2 \\ &= 292,373 \text{ kW} \\ &= 392,079 \text{ HP} \end{aligned}$$



## VII. PENENTUAN MESIN UTAMA DAN GENERATOR SET

### VII.1 MESIN UTAMA

MCR Mesin

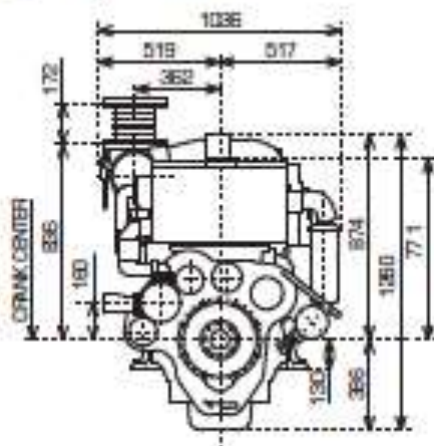
BHP =



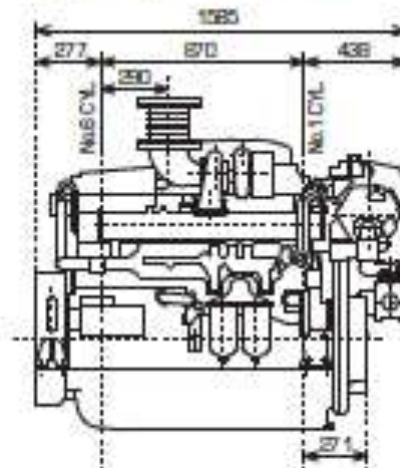
#### Specifications

Model	6HA2M-WDT
Number of cylinders	6 in-line
Bore × stroke	mm 130 × 165
Displacement	lit. 13140
Rated output	kW/hp/Mrpm M: 298/405/1950
Combustion system	Direct injection
Aspiration	Turbocharger + intercooler
Starting system	Electric starting motor (24V 6.0kW)
Cooling system	Heat exchanger
Size of flywheel housing and flywheel	SAE #1 and 14 in.
Dry mass (without marine gear)	kg 1465
Dimensions (L×W×H)	mm 1585×1036×1260

Engine only / Front view



Engine only / Left side view



## VII.2 GENERATOR SET

Daya Genset = 25% Engine

### Pemilihan Genset

Merk: GenSet  
 Type: MG 90 S-P  
 Daya = 82,5 kW  
 W = 950 mm  
 L = 2600 mm  
 H = 1568 mm  
 Dry mass = 1,406 ton

<b>Diesel Engine 1500 rpm</b>	+ Type <b>Perkins 1104C-44TAG1</b> - turbocharged - 4 cyl. - 112,2 HP (82,5 kWm) - 4400 cm <sup>3</sup> + Fuel diesel + Cooling system water + Starting system electric + Fuel tank capacity 187 l + Fuel consumption @ 75% 14,3 l/h
<b>Other Features</b>	+ Insulation Class H + Mechanical Protection IP 23 + Dimensions (L x W x H) 2600 x 950 x 1568 mm + Dry Weight 1406 kg

## VIII. PERHITUNGAN BERAT KAPAL

### Input Data :

$L_{PP} =$	58,81 m	$L_{WL} =$	61,2 m
$B =$	13,29 m	$LCB =$	1,26 m (fwd. amidship)
$T =$	3,5 m	$=$	28,15 m (from FP)
$H =$	4,65 m	$=$	2,135 % L
$V_S =$	8,00 kn	$V =$	2.344,73 m <sup>3</sup>
$=$	4,12 m/s	$\Delta =$	2403,35 ton
$\rho =$	1,025 ton/m <sup>3</sup>	$C_B =$	0,822
$g =$	9,81 m/s <sup>2</sup>		

Perhitungan berat baja kapal menggunakan referensi:

*Ref: Ship Design for Efficiency and Economy (second edition 1998) page. 158-163*

*Ref: Parametric Design - Chapter 11, page. 22-23*

### VIII.1 Berat Baja Pada Lambung (WHS)

$DA =$  Tinggi Kapal Setelah Dikoreksi dengan Superstructure dan Deck House

$$= H + \frac{V_A + V_{DH}}{L_{PP} \cdot B}$$

$$= 5,12 \text{ m}$$

$C_{SO} =$  Cargo ship (2 decks)

$$= 0,076 \text{ t/m}^3$$

$D =$  Berat Kapal

$$= 2.403,35 \text{ ton}$$

$$U = \log \left( \frac{\Delta}{100} \right)$$

$$= 1,380816553$$

$$C_{SO} + 0.06 \cdot e^{-(0,5 U + 0,1 U^2,45)}$$

$C_S =$

$$= 0,1135$$

### Total Berat Baja (hull)

$$WHS = L_{PP} \cdot B \cdot DA \cdot C_S$$

$$= 454,5234131 \text{ ton}$$

### VIII.2 Perhitungan Baja pada Superstructure dan Deck House

### VIII.2.1 Perhitungan Superstructure pada Forecastle

Collosion Bulkhead Location

*Ref: BKI, Vol. II, Sec.11-2.1.3*

$$\begin{aligned}L \text{ min from FP} &= 0.05 \times L \text{ or } 10 \text{ m} \\&= 0.05 \times 0.059 \\&= 2,940646347 \text{ m dari FP}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}L \text{ max from FP} &= 0.08 \times L \text{ or } 0.05 \times L + 3\text{m} \\&= 0.08 \times 0.059 \\&= 4,705034155 \text{ m dari FP} \\ \text{or} &= 0.05 \times 0.059 + 3 \\&= 5,940646347 \text{ m dari FP}\end{aligned}$$

Forecastle Dimensions

*Ref: Ship Design for Efficiency and Economy page. 163*

$$\begin{aligned}L \text{ dibelakang FP} &= 4,705034155 \text{ m} \\L \text{ didepan FP} &= 2 \text{ m} \\L_{FC} &= 6,705034155 \text{ m} \\B_{FC} &= B \text{ Kapal} \\&= 13,29 \text{ m} \\H_{FC} &= 2,5 \text{ m} \\V_{FC} &= (0.5 \times L_{FC} \times B_{FC}) \times H_{FC} \\&= (0.5 \times 07 \times 0.013) \times 03 \\&= 111,4038126 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Forecastle Steel Weight

*Ref: Kekuatan Struktur Kapal (Dony Setyawan, 1999) page. 80*

$$\begin{aligned}W_{FC} &= C_{FC} \times V_{FC} \\C_{FC} &= 0,1185 \text{ ton/m}^3 \\&= 00.000 \times 0.111 \\W_{FC} &= 13,201 \text{ ton}\end{aligned}$$

### VIII.2.2 Perhitungan Superstructure pada Poop

*Ref: Ship Design for Efficiency and Economy page. 164*

Poop Dimensions

$$\begin{aligned}L \text{ dibelakang AP} &= 2,35 \text{ m} \\L_P &= 11,76258539 \text{ m} \\L \text{ dibelakang KM} &= L_{PP} - L_{FC} - L_{Cargo} \\L_P \text{ diambil} &= 9,96 \text{ m} \\B_P &= B_{poop}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 10,29 \text{ m} \\
H_P &= 2,5 \text{ m} \\
V_P &= L_P \times B_P \times H_P \\
&= 12 \times 0.013 \times 03 \\
&= 256,3363418 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

Poop Steel Weight

$$\begin{aligned}
W_P &= C_P \times V_P \\
C_P &= 0,075 \text{ ton/m}^3 \\
&= 00.000 \times 0.256 \\
W_P &= 19,225 \text{ ton}
\end{aligned}$$

#### VIII.2.4 Deckhouse Steel Weight Calculation

*Ref: Ship Design for Efficiency and Economy page. 164*

Deckhouse Dimensions

$$\begin{aligned}
L_{DH} &= 8,82 \text{ m} \\
B_{DH} &= 10,29 \text{ m} \\
H_{DH} &= 2,5 \text{ m} \\
V_{DH} &= L_{DH} \times B_{DH} \times H_{DH} \\
&= 09 \times 10 \times 03 \\
&= 227,0 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

Deckhouse Steel Weight

$$\begin{aligned}
W_{DH} &= C_{DH} \times V_{DH} \\
C_{DH} &= \text{Fungsi dari } F_0/F_U \\
F_0 &= 132,4222929 \\
F_U &= 90,79504941 \\
F_0/F_U &= 1,458474815 \\
C_{DH} &= 0,093 \text{ ton/m}^3 \\
&= 00.000 \times 0.227 \\
W_{DH} &= 21,110 \text{ ton}
\end{aligned}$$

#### VIII.2.5 Perhitungan Berat Baja pada Ruang Kemudi

*Ref: Ship Design for Efficiency and Economy page. 164*

Wheelhouse Dimensions

$$\begin{aligned}
L_{WH} &= 5,881292693 \text{ m} \\
B_{WH} &= 7,50 \text{ m} \\
H_{WH} &= 2,5 \text{ m} \\
V_{WH} &= L_{WH} \times B_{WH} \times H_{WH} \\
&= 06 \times 08 \times 03 \\
&= 110,274238 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

### Wheelhouse Steel Weight

$$\begin{aligned}W_{WH} &= C_{WH} \times V_{WH} \\C_{WH} &= \text{Fungsi dari } F_0/F_U \\F_0 &= 156,347822 \\F_U &= 44,1096952 \\F_0/F_U &= 3,544522838 \\C_{WH} &= 0,055 \text{ ton/m}^3 \\&= 0.000 \times 0.110 \\W_{WH} &= 6,065 \text{ ton}\end{aligned}$$

### VIII.2.6 Pinch Point

$$\begin{aligned}L_{DH} &= 0,9 \text{ m} \\B_{DH} &= 1,20 \text{ m} \\H_{DH} &= 2,5 \text{ m} \\V_{DH} &= L_{DH} \times B_{DH} \times H_{DH} \\&= 01 \times 01 \times 03 \\&= 1,4 \text{ m}^3 \\&\text{Mempunyai 4 buah} \\&= 5,4 \text{ m}^3\end{aligned}$$

### Pinch Point Steel Weight

$$\begin{aligned}W_{DH} &= C_{DH} \times V_{DH} \\C_{DH} &= \text{Fungsi dari } F_0/F_U \\F_0 &= 132,4222929 \\F_U &= 1,08 \\F_0/F_U &= 122,6132341 \\CPP &= 7,85 \text{ ton/m}^3 \\&= 00.008 \times 0.005 \\WPP &= 42,390 \text{ ton} \\Margin &= 10\% \\WPP &= 46,629 \text{ ton}\end{aligned} \quad \begin{aligned}CPP &= 7,85 \text{ ton/m}^3\end{aligned}$$

### VIII.3 Total Superstructure and Deckhouse Weight Calculation

$$\begin{aligned}W_{S\&D} &= 0.013 + 0.019 + 0.006 + 42 \\&= 106,231 \text{ ton}\end{aligned}$$

## **IX.4 Correction for Steel Weight Calculation**

### **IX.4.1 Bulkhead Construction Weight Calculation**

*Ref: Ship Design for Efficiency and Economy page. 157*

$$\begin{aligned}W_{BC} &= 2.5\% \times W_{HS} \\&= 2.5\% \times 0.455 \\&= 11,36308533 \text{ ton}\end{aligned}$$

### **IX.4.2 Double Bottom Construction Weight Calculation**

*Ref: Ship Design for Efficiency and Economy page. 157*

$$\begin{aligned}W_{DB} &= V_{DB} \times C_{DB} \\C_{DB} &= 0,1 \text{ ton/m}^3 \\V_{DB} &= L_{CH} \times B \times H_{DB} \\L_{CH} &= \text{Panjang ruang muat} \\&= 45,000 \text{ m} \\H_{DB} &= B/20 \\&= 0,664598032 \text{ m} \\V_{DB} &= 397,52149 \\W_{DB} &= 0.398 \times 000 \\&= 39,752149 \text{ ton}\end{aligned}$$

### **IX.4.3 Engine Foundation Weight Calculation**

*Ref: Ship Design for Efficiency and Economy page. 158*

$$\begin{aligned}W_{EF} &= (27 \times P_B) / (n + 250) \times (15 + P_B / 1000) \\P_B &= 596 \text{ kW} \\n &= 1950 \text{ rpm} \\W_{EF} &= (27 \times 596) / (1950 + 250) \times (15 + 596 / 1000) \\&= 0,469001376 \text{ ton}\end{aligned}$$

## **Total Correction Weight Calculation**

$$\begin{aligned}W_C &= 0.011 + 0.040 + 0.000 \\&= 51,584 \text{ ton}\end{aligned}$$

## **IX.5 Total Steel Weight Calculation**

$$\begin{aligned}\text{TOTAL } W_S &= \text{Jumlah keseluruhan berat baja} \\W_S &= W_{HS} + W_{S\&D} + W_{DB} \\&= 0.455 + 0.106 + 0.052 \\&= 612,338 \text{ ton}\end{aligned}$$

## IX.6 Position of Steel Center of Mass

*Ref: Parametric Design - Chapter 11, page. 25*

### IX.6.1 KG and LCG of Hull Steel

*Ref: Parametric Design - Chapter 11, page. 25*

$$\begin{aligned} KG_{HS} &= 0.01 \times H \times (46.6 + 0.135 \times (0.82 - C_B) \times ((L / D) ^2)) + 0.008 \times H \times ((L / B) - 6.5) \\ &= 2,160 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LCG_{HS} &= -0.15 + LCB & (\%L) \\ LCB &= \% LCB & = 2,135 \%L \\ LCG_{HS} &= -0.15 + 0.002 \\ &= 1,985 \%L \\ &= 1,168 \text{ m ( } \phi \text{ )} \\ &= 28,239 \text{ m (FP)} \end{aligned}$$

### IX.6.3 KG and LCG of Superstructure and Deckhouse

#### Forecastle

$$\begin{aligned} KG_{FC} &= H + (0.5 \times H_{FC}) \\ H_{FC} &= 2,5 \text{ m} \\ KG_{FC} &= 0.005 + (0.5 \times 003) \\ &= 9,402 \text{ m} \\ W_{FC} &= 13,201 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LCG_{FC} &= L_{FC-FP} - (1/3 \times L_{FC}) \\ L_{FC} &= 6,70503 \text{ m} \\ L_{FC-FP} &= 4,70503 \text{ m} \\ LCG_{FC} &= 005 - (1/3 \times 007) \\ &= 2,470 \text{ m (FP)} \\ &= 26,936 \text{ m ( } \phi \text{ )} \end{aligned}$$

#### Poop

$$\begin{aligned} KG_P &= H + (0.5 \times H_{FC}) \\ H_P &= 2,5 \text{ m} \\ KG_P &= 0.005 + (0.5 \times 003) \\ &= 9,402186225 \text{ m} \\ W_P &= 19,225 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LCG_P &= L_{FC-FP} + L_{CH} + (0.5 \times L_P) \\ L_P &= 9,96 \text{ m} \\ LCG_P &= 005 + 045 + (0.5 \times 010) \\ &= 54,686 \text{ m (FP)} \\ &= -25,280 \text{ m ( } \phi \text{ )} \end{aligned}$$

#### Deckhouse

$$\begin{aligned} KG_{DH} &= H + H_P + (0.5 \times H_{FC}) \\ H_{DH} &= 2,5 \text{ m} \\ KG_{DH} &= 0.005 + 003 + (0.5 \times 003) \\ &= 11,90218623 \text{ m} \\ W_{DH} &= 21,110 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LCG_{DH} &= L_{FC-FP} + L_{CH} + (0.5 \times L_{DH}) \\ L_{DH} &= 8,82194 \text{ m} \\ LCG_{DH} &= 005 + 045 + (0.5 \times 009) \\ &= 54,116 \text{ m (FP)} \\ &= -24,710 \text{ m ( } \phi \text{ )} \end{aligned}$$

#### Whellhouse

$$KG_{WH} = H + H_P + H_{DH} + (0.5 \times H_{FC})$$

$$\begin{aligned} LCG_{WH} &= L_{FC-FP} + L_{CH} + (0.5 \times L_{WH}) \end{aligned}$$



$H_{WH} =$	2,5 m	$L_{WH} =$	5,88129 m
$KG_{WH} =$	$0.005 + 003 + (0.5 \times 003)$	$LCG_{WH} =$	$005 + 045 + (0.5 \times 006)$
$=$	14,40218623 m	$=$	52,646 m (FP)
$W_{WH} =$	6,065 ton	$=$	-23,239 m ( $\phi$ )

#### KG for Superstructure and Deck House

$$KG_{S\&D} = ((KG_{FC} \times W_{FC}) + (KG_P \times W_P) + (KG_{DH} \times W_{DH}) + (KG_{WH} \times W_{WH})) / W_{S\&D}$$

$$W_{S\&D} = 106,231 \text{ ton}$$

$$KG_{S\&D} = ((0.009 \times 013) + (0.009 \times 019) + (0.012 \times 021) + (0.014 \times 006)) / 106$$

$$= 6,05743616 \text{ m}$$

#### LCG for Superstructure and Deck House

$$LCG_{S\&D} = ((LC_{FC} \times W_{FC}) + (LCG_P \times W_P) + (LCG_{DH} \times W_{DH}) + (LCG_{WH} \times W_{WH})) / W_{S\&D}$$

$$W_{S\&D} = 106,231 \text{ ton}$$

$$LCG_{S\&D} = ((0.002 \times 013) + (0.055 \times 019) + (0.053 \times 006)) / 106$$

$$= 23,96341424 \text{ m (FP)}$$

$$= 5,443 \text{ m (  $\phi$  )}$$

### **IX.6.4 KG and LCG of Correction for Steel Weight**

#### Bulkhead

$KG_{BC} = H_{DB} + (0.5 \times (H - H_{DB}))$	$LCG_{BC} = L_{FC-FP} + (0.5 \times L_{CH})$ Panjang forecastle dibelakang
$H_{DB} = 0,664598032 \text{ m}$	$L_{FC-FP} = FP$
$KG_{BC} = 0.001 + (0.5 \times (0.005 - 001))$	$= 5,94065 \text{ m}$
$= 2,326093113 \text{ m}$	$L_{CH} = \text{Panjang Cargo Hold}$
$W_{BC} = 11,363 \text{ ton}$	$= 45,000 \text{ m}$
	$LCG_{BC} = 006 + (0.5 \times 045)$
	$= 28,441 \text{ m (FP)}$
	$= 0,966 \text{ m ( \phi )}$

#### Double Bottom

$KG_{DB} = H_{DB} / 2$	$LCG_{BD} = L_{FC-FP} + (0.5 \times L_{CH})$ Panjang forecastle dibelakang
$H_{DB} = 0,664598032 \text{ m}$	$L_{FC-FP} = FP$
$KG_{DB} = 0.001 / 2$	$= 5,94065 \text{ m}$
$= 0,332299016 \text{ m}$	$L_{CH} = \text{Panjang Cargo Hold}$
$W_{DB} = 39,752 \text{ ton}$	$= 45,000 \text{ m}$
	$LCG_{DB} = 006 + (0.5 \times 045)$
	$= 28,441 \text{ m (FP)}$
	$= 0,966 \text{ m ( \phi )}$

#### Engine Foundation

$KG_{EF} = H_{DB} / 2$	$LCG_{EF} = L_{FC-FP} + L_{CH} + (0.5 \times L_{EF})$
$H_{DB} = 0,664598032 \text{ m}$	$L_{EF} = 14,108 \text{ m}$
$KG_{EF} = 0.001 / 2$	$LCG_{EF} = 005 + 045 + (0.5 \times 014)$

$$\begin{array}{lcl}
 = & 0,332299016 & \text{m} \\
 W_{EF} = & 0,469 & \text{ton}
 \end{array}
 \quad \Bigg| \quad
 \begin{array}{lcl}
 = & 56,759 & \text{m (FP)} \\
 = & -27,353 & \text{m (}\phi\text{)}
 \end{array}$$

#### KG for Correction Weight

$$\begin{aligned}
 KG_C &= ((KG_{BC} \times W_{BC}) + (KG_{DB} \times W_{DB}) + (KG_{EF} \times W_{EF})) / W_C \\
 W_C &= 51,584 \quad \text{ton} \\
 KG_C &= ((0.002 \times 011) + (0.000 \times 040) + (0.000 \times 000)) / 052 \\
 &= 0,771496227 \quad \text{m}
 \end{aligned}$$

#### LCG for Correction Weight

$$\begin{aligned}
 LCG_C &= ((LCG_{BC} \times W_{BC}) + (LCG_{DB} \times W_{DB}) + (LCG_{EF} \times W_{EF})) / W_C \\
 W_C &= 51,584 \quad \text{ton} \\
 LCG_C &= ((0.028 \times 011) + (0.028 \times 040) + (0.057 \times 000)) / 052 \\
 &= 28,69811527 \quad \text{m (FP)} \\
 &= 0,708 \quad \text{m (}\phi\text{)}
 \end{aligned}$$

### **IX.6.5 TOTAL KG and LCG of Steel Weight**

$$\begin{aligned}
 KG_S &= ((KG_{HS} \times W_{HS}) + (KG_{S\&D} \times W_{S\&D}) + (KG_C \times W_C)) / W_S \\
 W_S &= 612,338 \quad \text{ton} \\
 KG_S &= ((0.002 \times 455) + (0.006 \times 106) + (0.001 \times 052)) / 612 \\
 &= 2,719301081 \quad \text{m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 LCG_S &= ((KG_{HS} \times W_{HS}) + (KG_{S\&D} \times W_{S\&D}) + (KG_C \times W_C)) / W_S \\
 W_S &= 612,338 \quad \text{ton} \\
 LCG_S &= ((028 \times 455) + (024 \times 106) + (029 \times 052)) / 612 \\
 &= 27,53574891 \quad \text{m (FP)} \\
 &= 1,871 \quad \text{m (}\phi\text{)}
 \end{aligned}$$

## VIII. Engine Plant Weight Calculation

### Input Data :

$L_{PP} =$	58,81	m	$L_{WL} =$	61,2	m
$B =$	13,29	m	$LCB =$	1,26	m (fwd. amidship)
$T =$	3,5	m	$=$	28,15	m (from FP)
$H =$	4,65	m	$=$	2,14	% L
$V_S =$	8,00	kn	$R_T =$	48,3002	kN
$=$	4,12	m/s	$D =$	2,33803	m
$\rho =$	1,025	ton/m <sup>3</sup>	$n =$	110	rpm
			$Z$		
			(Blade)		
$g =$	9,81	m/s <sup>2</sup>	$=$	4	buah
$V =$	2.344,73	m <sup>3</sup>	$A_E/A_0 =$	0,40	
$\Delta =$	2403,35	ton	$P_D =$	181,442	kW/SCREW
1 HP =	0,7457	kW	$P_B =$	189,853	kW/SCREW

Perhitungan berat permesinan kapal menggunakan referensi:

*Ref: Ship Design for Efficiency and Economy (second edition 1998) page. 173-178*

*Ref: Parametric Design - Chapter 11, page. 25*

Perhitungan berat permesinan dapat dibagikan kedalam beberapa kelompok, diantaranya:

1. Propulsion units
2. Electrical units
3. Other weights
4. Special weight - [on special ships]

### VIII.1 Propulsion Units Weight Calculation

*Ref: Ship Design for Efficiency and Economy page. 175-176*

Propulsion Units Weight meliputi:

- Main Engine Weight
- Gearbox Weight
- Shafting Weight
- Propeller Weight

#### VIII.1.1 Main Engine Weight Calculation

*Ref: Ship Design for Efficiency and Economy page. 175*

$W_E =$	Berat dari satu buah main engine yang diketahui dari katalog mesin.		
Main Engine =	Yanmar	6HA2M-WDT	
$W_E =$	1,47	ton/Engine	
		ton (untuk dua buah main engine)	
Total $W_E =$	2,93		

### VIII.1.2 Gearbox Weight Calculation

*Ref: Ship Design for Efficiency and Economy page. 175*

$W_{\text{Gear}}$  = Berat dari satu buah gear box.

$$W_{\text{Gear}} = (0.3 \sim 0.4) P_B / n$$

$$= 0.3 \times 190 / 110$$

$$= 0,51778 \text{ ton/GearBox}$$

$$\text{Total } W_{\text{Gear}} = 1,03556 \text{ ton (untuk dua buah gear box)}$$

### VIII.1.3 Shafting Weight Calculation

*Ref: Ship Design for Efficiency and Economy page. 175*

$M$  = Berat untuk satu buah poros

$$M = M/L_S \times L_S$$

$L_S$  = Panjang Poros

$$L_S = 4,5 \text{ m}$$

$M/L_S$  = Berat poros per meter

$$M/L_S = 0.081 (P_D / n)^{2/3}$$

$$= 0.081 \times (181 / 110)^{(2/3)}$$

$$= 0,11308 \text{ ton/m}$$

$$M = M/L_S \times L_S$$

$$= 00.000 \times 005$$

$$= 0,509 \text{ ton/Shaft}$$

$$\text{Total } W_{\text{Shaft}} = 1,01771 \text{ ton (untuk dua buah Shaft)}$$

### VIII.1.4 Propeller Weight Calculation

*Ref: Ship Design for Efficiency and Economy page. 175-176*

$W_{\text{Prop}}$  = Berat untuk satu buah propeller

$$W_{\text{Prop}} = D^3 \times K$$

$D$  = Diameter Propeller

$$= 2,33803 \text{ m}$$

$$K = (d_S / D) \times (1.85 A_E / A_0 - (Z - 2) / 100)$$

$d_S$  = Diameter Shaft

$$d_S = 11.5 (P_D / n)^{1/3}$$

$$= 11.5 \times (181 / 110)^{(1/3)}$$

$$= 13,5877 \text{ cm}$$

$$= 0,13588 \text{ m}$$

$$K = (000 / 002) \times (1.85 \times 000 - ((4 - 2) / 100))$$

$$= 0,042$$

$$\begin{aligned}
W_{Prop} &= D^3 \times K \\
&= 002^3 \times 0.000 \\
&= 0,53478 \text{ ton/Screw} \\
\text{Total } W_{Prop} &= 1,06957 \text{ ton (untuk dua buah Propeller)}
\end{aligned}$$

#### **Propulsion Units Weight:**

$$\begin{aligned}
W_{PU} &= W_E + W_{Gear} + W_{Shaft} + W_{Prop} \\
&= 001 + 001 + 001 + 001 \\
&= 3,026 \text{ ton (untuk satu buah rangkaian propulsi)} \\
\text{Total } W_{PU} &= 6,053 \text{ ton (untuk dua buah rangkaian propulsi)}
\end{aligned}$$

### **VIII.2 Electrical Units Weight Calculation**

*Ref: Ship Design for Efficiency and Economy page. 176*

Electrical Units Weight meliputi generator dan drive engine.

$$P_B = 417,676 \text{ kW (kebutuhan seluruh kapal)}$$

$$\begin{aligned}
W_{Agg} &= 0.001 \times P_B \times (15 + 0.014 \times P_B) \\
&= 0.001 \times 0.418 \times (15 + 0.014 \times 0.418) \\
&= 8,7075 \text{ ton}
\end{aligned}$$

### **VIII.3 Other Weights Calculation**

*Ref: Ship Design for Efficiency and Economy page. 176-177*

Other Weights meliputi:

Pumps, pipes, sound absorbers, cables, distributors, replacement parts, stairs, platforms, gratings, daily service tanks, air containers, compressors, degreasers, oil cooler, cooling water system, control equipment, control room, heat and sound insulation in the engine room, water and fuel in pipes, engines and boilers.

$$\begin{aligned}
W_{Oth} &= (0.04 \sim 0.07) P_B \\
\text{diambil} &= 0,04
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
W_{Oth} &= 000 \times 0.418 \\
&= 16,7071 \text{ ton}
\end{aligned}$$

### **VIII.5 Total Engine Plant Weight Calculation**

$$\begin{aligned}
\text{TOTAL } W_{EP} &= \text{Jumlah keseluruhan berat permesinan pada kapal.} \\
&= W_{PU} + W_{Agg} + W_{Oth} \\
&= 0.006 + 009 + 017 \\
&= 85,695 \text{ ton}
\end{aligned}$$

### **VIII.6 Position of Engine Plant Center of Mass**

*Ref: Parametric Design - Chapter 11, page. 25*

#### **VIII.6.1 TOTAL KG and LCG of Engine Plant**

$$KG_{EP} = H_{DB} + 0.35 \times (D' - H_{DB})$$

$$H_{DB} = \text{Tinggi Double Bottom}$$

$$= B/20$$

$$= 0,6646 \text{ m}$$

$$D' = \text{Tinggi Kamar Mesin}$$

$$= 4,65 \text{ m}$$

$$KG_{EP} = 0.001 + 0.35 \times (0.005 - 0.001)$$

$$= 2,06 \text{ m}$$

$$LCG_{EP} = L_{FC-FP} + L_{CH} + (0.5 \times L_{ER})$$

$$L_{ER} = \text{Panjang Kamar Mesin}$$

$$= 14,1079 \text{ m}$$

$$L_{FC-FP} = \text{Panjang f.castle dibelakang FP}$$

$$= 5,94065 \text{ m}$$

$$L_{CH} = \text{Panjang Cargo Hold}$$

$$= 45,000 \text{ m}$$

$$LCG_{EP} = 006 + 045 + (0.5 \times 014)$$

$$= 57,995 \text{ m (FP)}$$

$$= -28,588 \text{ m (}\phi\text{)}$$

## X. Equipment and Outfitting Weight Calculation

### Input Data :

$L_{PP} =$	58,81	m	$L_{WL} =$	61,17	m
$B =$	13,29	m	$LCB =$	1,26	m (fwd. amidship)
$T =$	3,5	m	$=$	28,15	m (from FP)
$H =$	4,65	m	$=$	2,14	% L
$V_S =$	8,00	kn	$V =$	2.344,73	m <sup>3</sup>
$=$	4,12	m/s	$\Delta =$	2.403,35	ton
$\rho =$	1,025	ton/m <sup>3</sup>	$C_B =$	0,82	
$g =$	9,81	m/s <sup>2</sup>			

Perhitungan berat peralatan dan perlengkapan kapal menggunakan referensi:

*Ref: Ship Design for Efficiency and Economy (second edition 1998) page. 166-172*

Equipment and Outfitting Weight meliputi:

- Group I (Hatchway Covers) [Tidak Digunakan]
- Group II (Cargo Handling/Access Equipment) [Tidak Digunakan]
- Group III (Living Quarter)
- Group IV (Miscellaneous)

### X.1 Group III (Living Quarter) Weight Calculation

*Ref: Ship Design for Efficiency and Economy page. 171-172*

$$\begin{aligned} W_{III} &= \text{Berat peralatan dan perlengkapan pada dek akomodasi} \\ W_{III} &= \bar{V}_{SS/DH} \times C_{III} \\ \bar{V}_{SS/DH} &= \text{Volume Superstructure atau Deckhouse} \\ C_{III} &= 60 \sim 70 \text{ kg/m}^3 \\ \text{average } C_{III} &= 60 \text{ kg} \\ &= 60 = 0,060 \text{ ton} \end{aligned}$$

#### Forecastle

$$\begin{aligned} V_{FC} &= 111,404 \text{ m}^3 \\ W &= 111 \times 0.000 \\ &= 6,68423 \text{ ton} \end{aligned}$$

#### Poop

$$\begin{aligned} V_P &= 256,336 \text{ m}^3 \\ W &= 256 \times 0.000 \\ &= 15,3802 \text{ ton} \end{aligned}$$

#### Deckhouse

$$\begin{aligned} V_{DH} &= 226,988 \text{ m}^3 \\ W &= 227 \times 0.000 \end{aligned}$$

$$= 13,6193 \text{ ton}$$

#### Wheelhouse

$$V_{WH} = 110,274 \text{ m}^3$$

$$W = 110 \times 0.000$$

$$= 6,61645 \text{ ton}$$

#### Total Group III (Living Quarter) Weight Calculation

$$W_{S\&D} = 0.007 + 0.015 + 0.007$$

$$= 42,300 \text{ ton}$$

#### X.2 Group IV (Miscellaneous) Weight Calculation

*Ref: Ship Design for Efficiency and Economy page. 172*

Berat yang termasuk dalam group IV adalah :

Anchors, chains, hawsers, Anchor-handling and mooring winches, chocks, bollards, hawse pipes.

Steering gear, wheelhouse console, control console (excluding rudderbody). Refrigeration plant.

Protection, deck covering outside accommodation area. Davits, boats and life rafts plus mountings.

Railings, gangway ladders, stairs, ladders, doors (outside accommodation area), manhole covers.

Awning supports, tarpaulins. Fire-fighting equipment, CO2 systems, fire-proofing. Pipes, valves and

sounding equipment (outside the engine room and accommodation area). Hold ventilation system.

Nautical devices and electronic apparatus, signaling systems. Boatswain's inventory.

$$W_{IV} = \text{Berat peralatan dan perlengkapan yang lain-lain}$$

$$W_{IV} = (L \times B \times H)^{2/3} \times C$$

$$C_{IV} = 0.18 \sim 0.26 \text{ ton/m}^3$$

$$= 0,18$$

$$W_{IV} = (059 \times 0.013 \times 0.005)^{2/3} \times 0.000$$

$$= 42,5682 \text{ ton}$$

#### **Hydaraulic**

$$Wh = 12,3245 \text{ ton}$$

$$\text{Jumlah} = 4$$

$$Wh = 49,298 \text{ ton}$$

$$\text{Bore} = 500 \text{ mm}$$

$$\text{Stroke} = 8000 \text{ mm}$$

$$\text{Push} = 4123,3 \text{ kN}$$

$$Wh = 1,57 \text{ m}^3$$

Massa Jenis

$$\text{Baja} = 7,85 \text{ ton/m}^3$$

#### **Engsel**

$$r = 0,3$$

$$l = 1,2$$

$$t = 1$$

$$CE = 7,85$$

$$V = 0,33912$$

$$= 2,662092 \text{ ton}$$

$$\text{Margin} = 10\%$$

$$2 \text{ buah} = 5,590393 \text{ ton}$$



### **X.3 Total Equipment and Outfitting Weight Calculation**

$$\begin{aligned}\text{TOTAL } W_{E\&O} &= \text{Jumlah keseluruhan berat peralatan dan perlengkapan} \\ W_{E\&O} &= W_{III} + W_{IV} \\ &= 0.042 + 0.043 \\ &= 139,757 \text{ ton}\end{aligned}$$

### **X.4 Position of Equipment and Outfitting Center of Mass**

*Ref: Parametric Design - Chapter 11, page. 25*

#### **X.4.1 KG and LCG of Group III (Living Quarter)**

##### **Forecastle**

$W_{FC} = 6,684 \text{ ton}$	$LCG_{FC} = 2,470 \text{ m (FP)}$
$KG_{FC} = 9,402 \text{ m}$	$= 26,936 \text{ m (}\phi\text{)}$

##### **Poop**

$W_P = 15,380 \text{ ton}$	$LCG_P = 54,686 \text{ m (FP)}$
$KG_P = 9,402 \text{ m}$	$= -25,280 \text{ m (}\phi\text{)}$

##### **Deckhouse**

$W_{DH} = 13,619 \text{ ton}$	$LCG_{DH} = 0,000 \text{ m (FP)}$
$KG_{DH} = 0,000 \text{ m}$	$= 0,000 \text{ m (}\phi\text{)}$

##### **Wheelhouse**

$W_{WH} = 6,616 \text{ ton}$	$LCG_{WH} = 52,646 \text{ m (FP)}$
$KG_{WH} = 14,402 \text{ m}$	$= -23,239 \text{ m (}\phi\text{)}$

##### **KG for Group III**

$$\begin{aligned}KG_{GIII} &= ((KG_{FC} \times W_{FC}) + (KG_P \times W_P) + (KG_{WH} \times W_{WH})) / W_{S\&D} \\ W_{GIII} &= 42,300 \text{ ton} \\ KG_{GIII} &= ((0.009 \times 007) + (0.009 \times 015) + (0.014 \times 007)) / 042 \\ &= 7,15707 \text{ m}\end{aligned}$$

##### **LCG for Group III**

$$\begin{aligned}LCG_{GIII} &= ((LC_{FC} \times W_{FC}) + (LCG_P \times W_P) + (LCG_{WH} \times W_{WH})) / W_{S\&D} \\ W_{GIII} &= 42,300 \text{ ton} \\ LCG_{GIII} &= ((0.002 \times 007) + (0.055 \times 015) + (0.053 \times 007)) / 042 \\ &= 28,5087 \text{ m (FP)} \\ &= 0,898 \text{ m (}\phi\text{)}\end{aligned}$$

#### **X.4.2 KG and LCG of Group IV (Miscellaneous)**

*Ref: Ship Design for Efficiency and Economy page. 173*

##### KG for Group IV

$$\begin{aligned}KG_{GIV} &= 1.00 \sim 1.05 H \\&= 1.00 \times 0.005 \\&= 4,65 \text{ m} \\W_{IV} &= 42,568 \text{ ton}\end{aligned}$$

##### LCG for Group IV (asumsi tersebar merata)

$$\begin{aligned}LCG_{GIV} &= 0.5 \times L \\&= 0.5 \times 0.059 \text{ ton} \\&= 29,4065 \text{ m (FP)} \\&= 0,000 \text{ m (}\phi\text{)}\end{aligned}$$

#### **X.4.3 TOTAL KG and LCG of Equipment and Outfitting**

$$\begin{aligned}KG_{E\&O} &= ((KG_{GIII} \times W_{GIII}) + (KG_{GIV} \times W_{GIV})) / W_{E\&O} \\W_{E\&O} &= 139,757 \text{ ton} \\KG_{E\&O} &= ((0.007 \times 042) + (0.005 \times 043)) / 140 \\&= 3,58323 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}LCG_{E\&O} &= ((LCG_{GIII} \times W_{GIII}) + (LC_{GIV} \times W_{GIV})) / W_{E\&O} \\W_{E\&O} &= 139,757 \text{ ton} \\LCG_{E\&O} &= ((0.029 \times 042) + (0.029 \times 043)) / 140 \\&= 17,5856 \text{ m (FP)} \\&= 11,821 \text{ m (}\phi\text{)}\end{aligned}$$

## XI. Deadweight Tonnes Calculation

### Input Data :

$L_{PP}$ =	58,81 m	$L_{WL}$ =	61,17 m
$B$ =	13,29 m	$LCB$ =	1,26 m (fwd. amidship)
$T$ =	3,5 m	=	28,15 m (from FP)
$H$ =	4,65 m	=	2,135 % L
$V_s$ =	8,00 kn	$V$ =	2.344,73 m <sup>3</sup>
=	4,12 m/s	$\Delta$ =	2403,35 ton
$\rho$ =	1,025 ton/m <sup>3</sup>	$C_B$ =	0,822
Voyage =	251 km	$P_B$ =	189,853 HP

Perhitungan berat crew dan consumable menggunakan referensi:

*Ref: Parametric Design Chap. 11, page 11.24 - 11.25*

### XI.1 Crew Requirement Calculation

$$\begin{aligned} Z_c &= C_{St} \times C_{Dk} \times (CN \times 35 / 10^5)^{1/6} + C_{Eng} \times (BHP / 10^5)^{1/3} + \text{Cadets} \\ C_{St} &= 1,2 \quad \text{Koefisien Steward Deck (1.2 - 1.33)} \\ C_{Dk} &= 11,5 \quad \text{Koefisien Deck Departement (11.5 - 14.5)} \\ C_{Eng} &= 8,5 \quad \text{Koefisien Engine Departement (8.5 - 11.0)} \\ CN &= (L \times B \times H) / 1000 \\ &= (059 \times 013 \times 005) / 1000 \\ &= 3,63679592 \\ BHP &= P_B \text{ (HP)} \\ &= 189,8528933 \text{ HP} \\ \text{Cadets} &= \text{Perwira tambahan} \\ &= 0 \\ Z_c &= 01 \times 12 \times (0.004 \times 35 / 10^5)^{1/6} + 09 \times (0.190 / 10^5)^{1/3} \times 0 \\ &= 5,595515052 \approx 6 \text{ Person} \end{aligned}$$

### XI.2 Crew and Consumable Weight Calculation

*Ref: Parametric Design Chap. 11, page 11.24 - 11.25*

#### XI.2.1 Crew Weight Calculation

*Ref: Parametric Design Chap. 11, page 11.25*

$$\begin{aligned} W_{C\&E} &= C_{C\&E} \times \text{Person} \\ C_{C\&E} &= 0,07 \text{ ton/person} \\ W_{C\&E} &= 000 \times 6 \\ &= 0,42 \text{ ton} \end{aligned}$$

### XI.2.2 Voyage Duration Calculation (2 Ways)

$$\begin{aligned}\text{Duration} &= (\text{Range} / V_s) / 3600 \\ &= (251 / 0.004) / 3600 \\ &= 0,016927646 \text{ jam} \\ &= 0,000705319 \text{ hari} \\ &= 1 \text{ hari}\end{aligned}$$

### XI.2.3 Fresh Water Weight Calculation

*Ref: Parametric Design Chap. 11, page 11.24*

$$\begin{aligned}W_{FW} &= C_{FW} \times \text{Person} \\ C_{FW} &= 0,17 \text{ ton/person day} \\ W_{FW} &= 000 \times 6 \\ &= 1,02 \text{ ton} \\ \rho &= 1 \text{ ton/m}^3 \\ V_{FW} &= W_{FW} / \rho \\ &= 001 / 1 \\ &= 1,02 \text{ m}^3\end{aligned}$$

### XI.2.4 Provisions and Stores Weight Calculation

*Ref: Parametric Design Chap. 11, page 11.25*

$$\begin{aligned}W_{PR} &= C_{PR} \times \text{Person} \\ C_{PR} &= 0,01 \text{ ton/person day} \\ W_{PR} &= 000 \times 6 \\ &= 0,06 \text{ ton}\end{aligned}$$

### XI.2.5 Heavy Fuel Oil Weight Calculation

*Ref: Parametric Design Chap. 11, page 11.25*

$$\begin{aligned}W_{Fuel} &= \text{SFR} \times \text{MCR} \times (\text{Range}/\text{Speed}) \times \text{Margin} \\ \text{SFR} &= \text{Specific Fuel Rate} \\ &= 0,00021 \text{ t/kW hr} \\ \text{MCR} &= 584,7469115 \text{ kW} \\ \text{Range} &= 250,80 \text{ km} \\ \text{Speed} &= 4,116 \text{ m/s} \\ \text{Margin} &= 10 \text{ \%} \\ \\ W_{Fuel} &= (000.000 \times 0.585 \times (251 / 004)) + 10 \text{ \%} \\ &= 8,231499955 \text{ ton} \\ \\ V_{Fuel} &= W_{Fuel} / \rho_{Fuel} \\ &= \text{kg/m}^3 \\ \rho_{Fuel} &= 890 = 0,89 \text{ ton/m}^3 \\ V_{Fuel} &= 0.008 / 001\end{aligned}$$

$$= 9,248876354 \text{ m}^3$$

### XI.2.6 Marine Diesel Oil Weight Calculation

$$\begin{aligned} W_{DO} &= C_{DO} \times W_{Fuel} \\ C_{DO} &= 0,2 \\ W_{DO} &= 0,2 \times 0.008 \\ &= 1,646299991 \text{ ton} \\ &= 1,646299991 \text{ kg/m}^3 \\ \rho_{DO} &= 850 = 0,85 \text{ ton/m}^3 \\ V_{DO} &= 0.002 / 0,85 \\ &= 1,936823519 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

### XI.2.7 Lubrication Oil Weight Calculation

$$\begin{aligned} W_{LO} &= BHP \times \rho_{LO} \times (\text{Range} / \text{Speed}) \times 10^{-6} \times 1.4 \\ &= 900 \text{ kg/m}^3 \\ \rho_{LO} &= 0,9 \text{ ton/m}^3 \\ &= 0.585 \times 0,9 \times (251 / 0,4) \times 10^{-6} \times 1.4 \\ W_{LO} &= 0,0449 \text{ ton} \\ V_{LO} &= 0,0449 / 0,9 = 0,049887879 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

### XI.3 Total Crew and Consumable Weight Calculation

$$\begin{aligned} \text{TOTAL } W_{C\&C} &= \text{Jumlah keseluruhan berat crew dan consumable} \\ W_{C\&C} &= W_{C\&E} + W_{FW} + W_{PR} + W_{Fuel} + W_{DO} + W_{LO} \\ &= 0.000 + 0.001 + 0.000 + 0.008 + 0.002 + 0.000 \\ &= 11,423 \text{ ton} \end{aligned}$$

### XI.4 Position of Crew and Consumable Center of Mass

*Ref: Parametric Design - Chapter 11, page. 25*

#### XI.4.1 KG and LCG of Crew

##### Poop Deck

Crew =	4		LCG <sub>P</sub> =	54,686	m (FP)
Total Crew =	6		=	-25,280	m (ϕ)
W <sub>P</sub> =	0,280		ton		
KGDH =	9,402				

##### Deck House

Crew =	2		LCG <sub>DH</sub> =	54,116	m (FP)
Total Crew =	6		=	-24,710	m (ϕ)
W <sub>DH</sub> =	0,140		ton		
KGDH =	11,902		m		

#### KG for Crew

$$\begin{aligned} KG_{C\&E} &= ((KG_P \times W_P) + (KG_{DH} \times W_{DH})) / W_{C\&E} \\ W_{C\&E} &= 0,420 \quad \text{ton} \\ KG_{C\&E} &= ((0.009 \times 000) + (0.012 \times 000)) / 000 \\ &= 10,23551956 \quad \text{m} \end{aligned}$$

#### LCG for Crew

$$\begin{aligned} LCG_{C\&E} &= ((LCG_P \times W_P) + (LCG_{DH} \times W_{DH})) / W_{C\&E} \\ W_{C\&E} &= 0,420 \quad \text{ton} \\ LCG_{C\&E} &= ((0.055 \times 000) + (0.054 \times 000)) / 000 \\ &= 54,49621912 \quad \text{m (FP)} \\ &= -25,090 \quad \text{m (}\phi\text{)} \end{aligned}$$

#### **XI.4.2 KG and LCG of Fresh Water**

$$\begin{aligned} KG_{FW} &= T + ((H - T) / 2) \\ &= 0.004 + (005 - 0.004) / 2 \\ &= 4,579614023 \quad \text{m} \\ W_{FW} &= 1,02 \quad \text{ton} \\ LCG_{FW} &= L - (0.5 \times L_{FW}) \\ L_{FW} &= \text{Panjang tangki fresh water} \\ &= 1,2 \quad \text{m} \\ LCG_{FW} &= 0.059 - (0.5 \times 001) \\ &= 58,21292693 \quad \text{m (FP)} \\ &= -28,806 \quad \text{m (}\phi\text{)} \end{aligned}$$

#### Dimensi Tangki

$$\begin{aligned} V_{FW} &= 1,02 \quad \text{m}^3 \\ H_{FW} &= H - T \\ &= 2,15 \quad \text{m} \\ L_{FW} &= 2 \times a \\ a &= \text{Jarak Gading} \\ &= 0,6 \quad \text{m} \\ &= 1,2 \quad \text{m} \\ B_{FW} &= V / (L \times H) \\ &= 0,39624 \quad \text{m} \end{aligned}$$

#### **XI.4.3 KG and LCG of Profision Store**

$$\begin{aligned} KG_{PR} &= KG_P \\ &= 9,402186225 \quad \text{m} \\ W_{PR} &= 0,06 \quad \text{ton} \\ LCG_{PR} &= LCG_P \\ &= 54,68632685 \quad \text{m (FP)} \\ &= -25,280 \quad \text{m (}\phi\text{)} \end{aligned}$$

#### **XI.4.4 KG and LCG of Heavy Fuel Oil**

$$\begin{aligned} KG_{Fuel} &= 0.5 \times H_{Fuel} \\ &= 0.5 \times 002 \\ &= 4,579614023 \quad \text{m} \\ W_{Fuel} &= 8,231499955 \quad \text{ton} \end{aligned}$$

#### Dimensi Tangki

$$\begin{aligned} V_{Fuel} &= 9,24888 \quad \text{m}^3 \\ H_{Fuel} &= H_{DB} \\ &= 2,15 \quad \text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
LCG_{Fuel} &= L_{FC-FP} + L_{CH} + (0.5 \times L_{ER}) \\
L_{Fuel} &= \text{Panjang Tangki Fuel} \\
&= 2,4 \text{ m} \\
L_{FC-FP} &= \text{Panjang forecastle dibelakang FP} \\
&= 5,940646347 \text{ m} \\
L_{CH} &= \text{Panjang Cargo Hold} \\
&= 45,000 \text{ m} \\
LCG_{Fuel} &= 006 + 045 + (0.5 \times 002) \\
&= 52,141 \text{ m (FP)} \\
&= -22,734 \text{ m (}\phi\text{)}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
L_{Fuel} &= 2 \times a \\
a &= \text{Jarak Gading} \\
&= 0,6 \text{ m} \\
&= 1,2 \text{ m} \\
B_{Fuel} &= V / (L \times H) \\
&= 3,59295 \text{ m}
\end{aligned}$$

#### XI.4.5 KG and LCG of Marine Diesel Oil

$$\begin{aligned}
KG_{DO} &= 0.5 \times H_{DO} \\
&= 0.5 \times 002 \\
&= 4,579614023 \text{ m} \\
W_{DO} &= 1,646299991 \text{ ton} \\
LCG_{DO} &= L_{FC-FP} + L_{CH} + (0.5 \times L_{ER}) \\
L_{DO} &= \text{Panjang Tangki MDO} \\
&= 1,8 \text{ m} \\
L_{FC-FP} &= \text{Panjang forecastle dibelakang FP} \\
&= 5,940646347 \text{ m} \\
L_{CH} &= \text{Panjang Cargo Hold} \\
&= 45,000 \text{ m} \\
LCG_{DO} &= 006 + 045 + (0.5 \times 002) \\
&= 51,841 \text{ m (FP)} \\
&= -22,434 \text{ m (}\phi\text{)}
\end{aligned}$$

Dimensi Tangki

$$\begin{aligned}
V_{DO} &= 1,93682 \text{ m}^3 \\
H_{DO} &= H_{DB} \\
&= 2,14514 \text{ m} \\
L_{DO} &= 2 \times a \\
a &= \text{Jarak Gading} \\
&= 0,6 \text{ m} \\
&= 0,6 \text{ m} \\
B_{DO} &= V / (L \times H) \\
&= 1,50481 \text{ m}
\end{aligned}$$

#### XI.4.6 KG and LCG of Lubrication Oil

$$\begin{aligned}
KG_{LO} &= 0.5 \times H_{Fuel} \\
&= 002 + (0.5 \times 002) \\
&= 4,579614023 \text{ m} \\
W_{LO} &= 0,0449 \text{ ton} \\
LCG_{LO} &= L_{FC-FP} + L_{CH} + (0.5 \times L_{ER}) \\
L_{LO} &= \text{Panjang Tangki Fuel} \\
&= 0,6 \text{ m} \\
L_{FC-FP} &= \text{Panjang forecastle dibelakang FP} \\
&= 5,940646347 \text{ m} \\
L_{CH} &= \text{Panjang Cargo Hold} \\
&= 45,000 \text{ m}
\end{aligned}$$

Dimensi Tangki

$$\begin{aligned}
V_{LO} &= 0,04989 \text{ m}^3 \\
H_{LO} &= 0.5 \times H_{DB} \\
&= 2,14514 \text{ m} \\
L_{LO} &= 0,2 \text{ m} \\
B_{LO} &= V / (L \times H) \\
&= 0,116 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 LCG_{LO} &= 006 + 045 + (0.5 \times 001) \\
 &= 51,241 \quad \text{m (FP)} \\
 &= -21,834 \quad \text{m (}\phi\text{)}
 \end{aligned}$$

#### **XI.4.7 TOTAL KG and LCG of Crew and Consumable**

$$\begin{aligned}
 KG_{C\&C} &= ((KG_{C\&E} \times W_{C\&E}) + (KG_{FW} \times W_{FW}) + (KG_{PR} \times W_{PR}) + (KG_{Fuel} \times W_{Fuel}) \\
 &\quad + (KG_{DO} \times W_{DO}) + (KG_{LO} \times W_{LO})) / W_{C\&C} \\
 W_{C\&C} &= 250,800 \quad \text{ton} \\
 KG_{C\&C} &= 54,7715867 \quad \text{m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 LCG_{C\&C} &= ((LCG_{C\&E} \times W_{C\&E}) + (LCG_{FW} \times W_{FW}) + (LCG_{PR} \times W_{PR}) + (LCG_{Fuel} \times W_{Fuel}) \\
 &\quad + (LCG_{DO} \times W_{DO}) + (LCG_{LO} \times W_{LO})) / W_{C\&C} \\
 W_{C\&C} &= 250,800 \quad \text{ton} \\
 LCG_{C\&C} &= 2,392730997 \quad \text{m (FP)} \quad 600,097 \\
 &= 27,014 \quad \text{m (}\phi\text{)}
 \end{aligned}$$

#### **XI.5 Total Payload Center of Mass**

$$\begin{aligned}
 W_{PL} &= 1560 \quad \text{ton} \\
 KG_{PL} &= H + (H_{CH} / 2) \\
 H_{CH} &= \text{Tinggi Cargo Hold} \\
 &= 4,65 \quad \text{m} \\
 H &= 4,652 \quad \text{m} \\
 KG_{PL} &= 0.005 + (0.005 / 2) \\
 &= 2,326 \quad \text{m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 LCG_{PL} &= L_{FC-FP} + (0.5 \times L_{CH}) \\
 L_{FC-FP} &= \text{Panjang forecastle dibelakang FP} \\
 &= 5,940646347 \quad \text{m} \\
 L_{CH} &= \text{Panjang Cargo Hold} \\
 &= 45,000 \quad \text{m} \\
 LCG_{PL} &= 006 + (0.5 \times 045) \\
 &= 28,441 \quad \text{m (FP)} \\
 &= 0,966 \quad \text{m (}\phi\text{)}
 \end{aligned}$$



## DAFTAR *CREW* KAPAL

### Perencanaan Kru

Poop =

- 1 Chief Cook
- 2 Engineer
- 2 Cadet
- 1 Officer

**6 orang**

Deck House 1 =

- 1 Captain
- 1 Chief Engineer
- 2 orang**

Jumlah Kru =

**8**

**orang**

## **XII. Weight Recapitulation**

*Ref: Parametric Design Chap. 11, page 11.24 - 11.25*

### **XII.1 Lightweight Tonnes (LWT) Recapitulation**

*Ref: Ship Design for Efficiency and Economy page. 149*

#### **XII.1.1 Steel Weight Recapitulation**

1	Hull Steel Weight	=	454,523	ton
3	Superstructure	=	106,231	ton
4	Steel Correction Weight	=	<u>51,584</u>	ton
		=	612,338	ton

#### **XII.1.2 Engine Plant Weight Recapitulation**

1	Propulsion Units Weight	=	6,053	ton
2	Electrical Units Weight	=	8,707	ton
3	Other weights	=	16,707	ton
4	Special weight [on special ships]	Tidak Dipakai =	<u>0</u>	ton
		=	31,467	ton

#### **XII.1.3 Equipment and Outfitting Weight Recapitulation**

1	Group I (Hatchway Covers)	Tidak Dipakai =	0	ton
2	Group II (Cargo Handling Equipment)	Tidak Dipakai =	0	ton
3	Group III (Living Quarter)	=	42,300	ton
4	Group IV (Miscellaneous)	=	<u>97,457</u>	ton
		=	139,757	ton

**TOTAL Lightweight Tonnes (LWT) = 783,562 ton**

### **XII.2 Deadweight Tonnes (LWT) Recapitulation**

*Ref: Parametric Design Chap. 11, page 11.24 - 11.25*

#### **XII.2.1 Payload Recapitulation**

1	Payload	=	1560,000	ton
---	---------	---	----------	-----

#### **XII.2.2 Crew and Provisions Recapitulation**

1	Crew Weight	=	0,420	ton
2	Fresh Water Weight	=	1,020	ton
3	Provision and Store Weight	=	<u>0,060</u>	ton
			1,500	ton

#### **XII.2.3 Machinery Oil Consumable Weight Recapitulation**

1	Heavy Fuel Oil Weight	=	8,231	ton
2	Marine Diesel Oil Weight	=	1,937	ton
3	Lubrication Oil Weight	=	<u>0,050</u>	ton
			10,218	ton

**TOTAL Deadweight Tonnes (DWT) = 1571,718 ton**

### XII.3 TOTAL WEIGHT

$$\begin{aligned}\Delta &= \text{LWT} + \text{DWT} \\ &= 0.784 \times 1.572 \\ &= 2355,280 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta & \\ (\text{Displacement}) &= 2403,347 \text{ ton} \\ \text{Selisih} &= 48,067 \text{ ton} \\ &= 2,000 \% \\ &2 \text{ sampai} \\ \text{Criteria} &= 10 \% \\ \text{STATUS} &= \text{ACCEPTED}\end{aligned}$$

### **XIII. Center of Mass Recapitulation**

*Ref: Parametric Design Chap. 11, page 11.24 - 11.25*

#### **XIII.1 Lightweight Tonnes (LWT) Recapitulation**

*Ref: Ship Design for Efficiency and Economy page. 149*

##### **XIII.1.1 Steel Weight Recapitulation**

- 1 Hull Steel Weight
- 3 Superstructure and Deckhouse Weight
- 4 Steel Correction Weight

##### **XIII.1.2 Engine Plant Weight Recapitulation**

- 1 Propulsion Units Weight
- 2 Electrical Units Weight
- 3 Other weights
- 4 Special weight [on special ships]

##### **XIII.1.3 Equipment and Outfitting Weight Recapitulation**

- 1 Group I (Hatchway Covers)
- 2 Group II (Cargo Handling Equipment)
- 3 Group III (Living Quarter)
- 4 Group IV (Miscellaneous)

##### **TOTAL Lightweight Tonnes (LWT)**

#### **XIII.2 Deadweight Tonnes (LWT) Recapitulation**

*Ref: Parametric Design Chap. 11, page 11.24 - 11.25*

##### **XIII.2.1 Payload Recapitulation**

- 1 Payload

##### **XIII.2.2 Crew and Provisions Recapitulation**

- 1 Crew Weight
- 2 Fresh Water Weight
- 3 Provision and Store Weight

##### **XIII.2.3 Machinery Oil Consumable Weight Recapitulation**

- 1 Heavy Fuel Oil Weight
- 2 Marine Diesel Oil Weight
- 3 Lubrication Oil Weight

##### **TOTAL Deadweight Tonnes (DWT)**

#### **XIII.3 TOTAL Center of Mass**

	W (ton)	KG (m)	LCG (m FP)
	454,523	2,160	28,239
	106,231	6,057	23,963
	51,584	0,771	28,698
	612,338	2,719	27,536
	6,053		
	8,707	2,060	57,995
	16,707		
	0	0	0
	31,467	2,060	57,995
	0	0	0
	0	0	0
	42,300	7,157	28,509
	97,457	4,652	29,406
	139,757	5,410	29,135
	783,562	3,173	29,044
	1560,000	2,826	28,441
	0,420	10,236	54,496
	1,020	4,580	58,213
	0,060	9,402	54,686
	1,500	6,356	57,031
	8,231	4,580	52,141
	1,937	4,580	51,841
	0,050	4,580	51,241
	10,218	4,580	52,079
	1571,718	2,841	28,622

KG = 2,951295597 m

LWL = 61,16544401 m

LCG =	28,76218752	m (FP)	Selisih =	-0,612	m
LWT + DWT =	2355,280	ton	=	1,00	%
$\Delta$					
(Displacement)					
=	2403,347	ton	Criteria =	1	%
		m			
LCB =	28,15	m (FP)	STATUS =	ACCEPTED	

#### XIV. Freeboard Calculation

##### Input Data :

$L_{PP}$ =	58,81	m	$L_{WL}$ =	61,17	m
$B$ =	13,29	m	$LCB$ =	1,26	m (fwd. amidship)
$T$ =	3,5	m	=	28,15	m (from FP)
$H$ =	4,65	m	=	2,14	% L
$V_s$ =	8,00	kn	$V$ =	2344,73	m <sup>3</sup>
=	4,12	m/s	$\Delta$ =	2403,35	ton
$\rho$ =	1,025	ton/m <sup>3</sup>	$C_B$ =	0,82	
Voyage =	251	km	$P_B$ =	560,113	HP

Perhitungan freeboard menggunakan referensi:

*Ref: International Convention on Load Lines (ICLL), 1966/1988*

##### XIV.1 Type of Ship

Type A Ships = Kapal dengan persyaratan salah satu dari :

- Kapal yang didisain memuat muatan cair dalam bulk.
- Kapal yang mempunyai integritas tinggi pada geladak terbuka dengan akses bukaan ke kompartemen yang kecil, ditutup sekat penutup baja yang kedap atau material yang equivalent.
- Mempunyai permeabilitas yang rendah pada ruang muat yang terisi penuh.

seperti : Tanker, LNG carrier

Type B Ships = Kapal yang tidak memenuhi persyaratan kapal tipe A.

**Type of Ship = B**

##### XIV.2 Freeboard Standard Calculation

*Ref: ICLL 1966/1988 Reg. 28/2*

Ukuran standard freeboard telah diatur dalam tabel Table for 'B' Ships dengan fungsi panjang kapal.

$L_1$ =	58,00	m	
$Fb$ =	544	mm	<u>Interpolasi:</u>
$L_2$ =	59,00	m	$L$ = 58,81 m
$Fb$ =	559	mm	$Fb_1$ = 556,194 mm

##### XIV.3 Correction to the Freeboard for Ships Under 100 m In Length

*Ref: ICLL 1966/1988 Reg. 29*

Untuk kapal dengan panjang  $24 < L < 100$  m dan memiliki superstructure tertutup dengan panjang efektif mencapai 35%L.

$$Fb_2 = 7.5 \times (100 - L) \times (0.35 - (E / L))$$

$E$  = Panjang efektif dari superstructure

$$\begin{aligned}
 &= 18,47 \text{ m} \\
 Fb_2 &= 7.5 \times (100 - 059) \times (0.35 - (018 / 059)) \\
 &= 11,1186164 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

#### **XIV.4 Correction for Block Coefficient**

*Ref: ICLL 1966/1988 Reg. 30*

Untuk  $C_B > 0.68$

$$\begin{aligned}
 Fb_3 &= (Fb_1 + Fb_2) \times ((C_B + 0.68) / 1.36) \\
 &= (556 + 011) \times ((001 + 0.68) / 1.36) \\
 &= 626,692516 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

#### **XIV.5 Correction for Depth**

*Ref: ICLL 1966/1988 Reg. 31*

$$\begin{aligned}
 D &= 4,65 \text{ m} \\
 L/15 &= 3,9208618 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Untuk  $D > L/15$

"Tidak ada Koreksi"

#### **XIV.5 Deduction for Superstructure and Trunks**

*Ref: ICLL 1966/1988 Reg. 37*

$$\begin{aligned}
 E &= \text{Panjang efektif dari superstructure} \\
 &= 18,4676195 \text{ m} \\
 E &= < 1.0 L \\
 E &= 0,31400613 \% L
 \end{aligned}$$

0,3	L	=	19	% L
0,4	L	=	28	% L

$$\text{Interpolasi} = 20,190521 \% L$$

$$\begin{aligned}
 Fb_5 &= \% \times Fb_1 \\
 &= 020\% \times 556 \\
 &= 112,298447 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

#### **XIV.6 Total Minimum Freeboard Calculation**

TOTAL  $Fb_{Min.}$  = Besaran freeboard minimum yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}
 Fb_{Min.} &= Fb_1 + Fb_2 + Fb_3 + Fb_4 - Fb_5 \\
 &= 0.556 + 0.011 + 0.627 - 0.112 \\
 &= 1082 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Fb_{Actual} &= H - T \\
 &= 1145 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Req.} = Fb_{\text{Actual}} > Fb_{\text{Min.}}$$

$$\text{STATUS} = \text{ACCEPTED}$$

#### **XIV.7 Minimum Bow Height Calculation**

*Ref: ICLL 1966/1988 Reg. 39*

Minimum Bow Height adalah jarak vertikal pada FP yang termasuk tinggi kapal ditambahkan dengan sheer dan tinggi forecastle.

Untuk kapal  $L < 250$  m:

$$\begin{aligned} BH_{\text{Min.}} &= 56 \times L \times (1 - (L / 500)) \times (1.36 / (C_B + 0.68)) \\ &= 56 \times 059 \times (1 - (059 / 500)) \times (1.36 / (001 + 0.68)) \\ &= 2631 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} BH_{\text{Actual}} &= H + H_{\text{FC}} \\ H_{\text{FC}} &= \text{Tinggi Forecastle} \\ &= 2,5 \text{ m} \\ BH_{\text{Actual}} &= 7,15 \text{ m} \\ &= 7152,18623 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Req.} = BH_{\text{Actual}} > BH_{\text{Min.}}$$

$$\text{STATUS} = \text{ACCEPTED}$$



## XVIII. Building Cost Calculation

*Ref: Pedoman Pembuatan Perkiraan Biaya (Cost Estimate), Direktorat Pengolahan, PERTAMINA*

### Input Data :

Steel Weight = 558,110 ton

### XVIII.1 Reference Cost

Yang dijadikan acuan dalam perhitungan adalah biaya steel plate and profile

$$\text{\$ Steel Plate} = W_s \times UP_s$$

$$W_s = \text{Steel Weight}$$

$$\%_s = \% \text{ biaya steel dari biaya total}$$

$$= 558,1103583 \text{ ton}$$

$$= 21,00 \%$$

$$UP_s = \text{Unit Price for Steel}$$

$$= \$747,0 / \text{ton}$$

*Ref: Krakatau Steel (Persero) Historical Price, per 1 Januari 2017*

$$\text{\$ Steel Plate} = \$416908,438$$

### XVIII.2 Example of Detail Cost Calculation

Perhitungan dilakukan dengan melakukan perbandingan antara persentase detail dengan reference cost, dalam hal ini yang dijadikan acuan adalah steel plate and profile cost

$$\text{\$ Detail} = (\% \text{ Detail} / \% \text{ Reference}) \times \text{\$ Reference}$$

ex:

Ingin mencari biaya detail dari design cost (\\$ Design)

$$\% \text{ Detail} = \% \text{ Design}$$

$$= 3,00 \% \text{ (Total Cost)}$$

$$\% \text{ Reference} = \% \text{ Steel Plate and Profile}$$

$$= 21,00 \% \text{ (Total Cost)}$$

$$\text{\$ Reference} = \text{\$ Steel Plate and Profile}$$

$$= \$416908,438$$

$$\% \text{ Design} = (003 / 021) \times 416.908$$

$$= \$59.558,35$$

Cost	Detail	%	\$
DIRECT COST	1. Hull Part		
	1.a. Steel plate and profile	21.00	\$ 416.908,43
	1.b. Hull outfit, deck machiney and accommodation	7.00	\$ 138.969,48
	1.c. Piping, valves and fittings	2.50	\$ 49.631,96
	1.d. Paint and cathodic protection/ICCP	2.00	\$ 39.705,57
	1.e. Coating (BWT only)	1.50	\$ 29.779,17
	1.f. Fire fighting, life saving and safety equipment	1.00	\$ 19.852,78
	1.g. Hull spare part, tool, and inventory	0.30	\$ 5.955,83
	Subtotal (1)	35.30	\$ 694.847,40
	2. Machinery Part		
	2.a. Propulsion system and accessories	12.00	\$ 239.233,39
	2.b. Auxiliary diesel engine and accessories	3.50	\$ 69.484,74
	2.c. Boiler and Heater (Tidak Ada)	1.00	\$0
	2.d. Other machinery in in E/R	3.50	\$ 69.484,74
	2.e. Pipe, valves, and fitting	2.50	\$ 49.631,96
	2.f. Machinery spare part and tool	0.50	\$ 9.926,39
	Subtotal (2)	23.00	\$ 436.761,22
	3. Electric Part		
	3.a. Electric power source and accessories	3.00	\$ 59.558,35
	3.b. Lighting equipment	1.50	\$ 29.779,17
	3.c. Radio and navigation equipment	2.50	\$ 49.631,96
	3.d. Cable and equipment	1.00	\$ 19.852,78
	3.e. Electric spare part and tool	0.20	\$ 3.970,56
	Subtotal (3)	8.20	\$ 162.792,82
	4. Construction cost		
	Consumable material, rental equipment and labor	20.00	\$ 397.055,65
	Hydraulic	-	\$40.000,00
	Subtotal (4)	20.00	\$ 437.055,65
	5. Launching and testing		

	Subtotal (5)	1.00	\$ 19.852,78
	6. Inspection, survey and certification		
	Subtotal (6)	1.00	\$ 19.852,78
	TOTAL I (sub 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6)	88.50	\$ 1.751.309,87
<b>INDIRECT COST</b>	7. Design cost	3.00	\$ 59.558,35
	8. Insurance cost	1.00	\$ 19.852,78
	9. Freight cost, import duties, IDC, Q/A, guarantee engineer, handling fee, guarantee & warranty cost.	2.50	\$ 49.631,96
	TOTAL II (sub 7+ 8 + 9)	6.50	\$ 129.043,09
<b>MARGIN</b>	TOTAL III	5.00	\$ 99.263,91
<b>GRAND TOTAL (I + II + III)</b>		100.00	<b>\$ 1.979.616,87</b>

**LAMPIRAN B**  
**DESAIN SPSHB**

TABLE OF HEIGHT ABOVE BASELINE

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

BODY PLAN

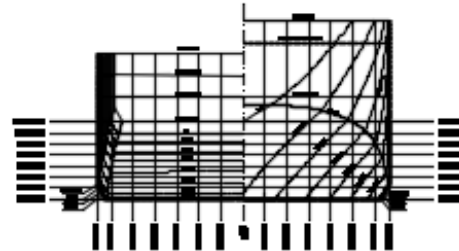


TABLE OF HALF-BREADTH

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

CHIEF PLAN



HALF-BREADTH PLAN



PRINCIPAL DIMENSIONS

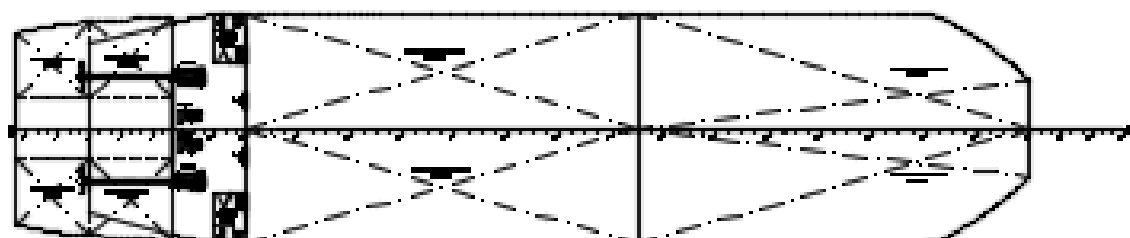
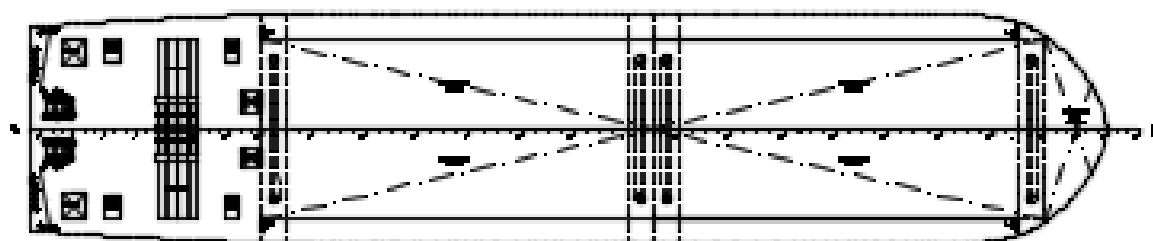
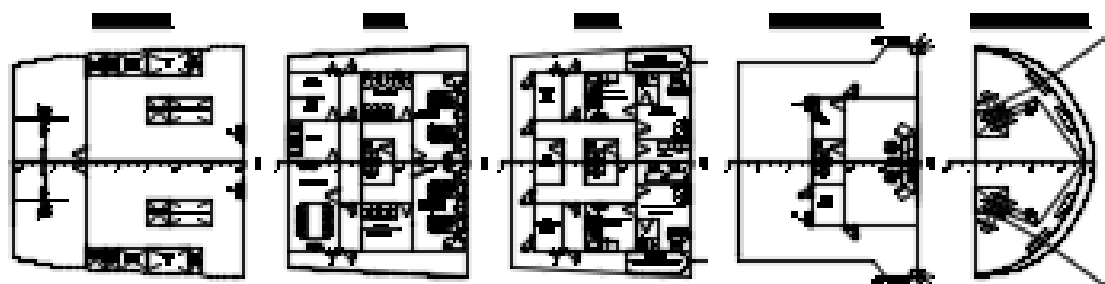
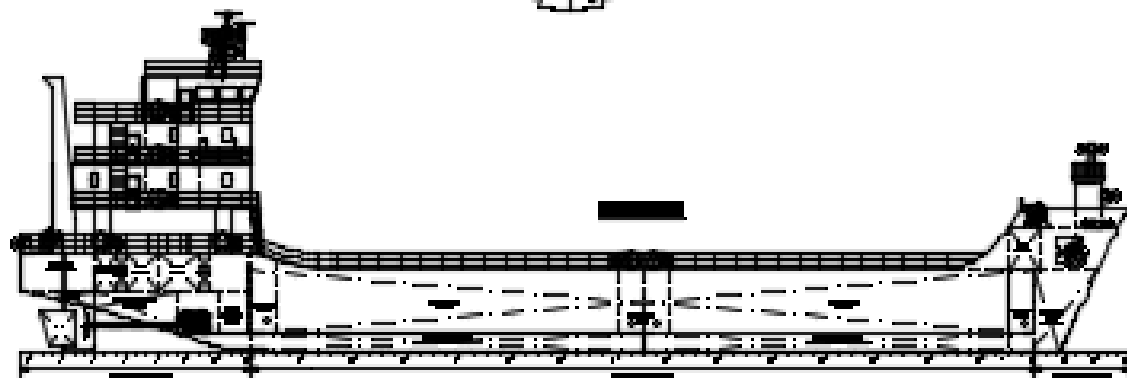
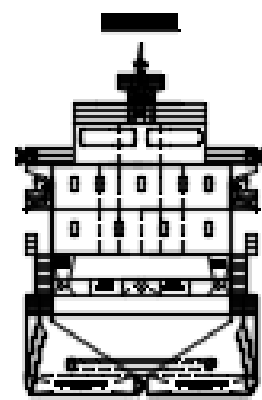
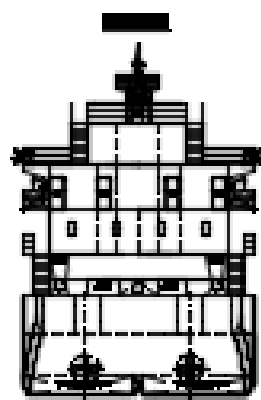
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----




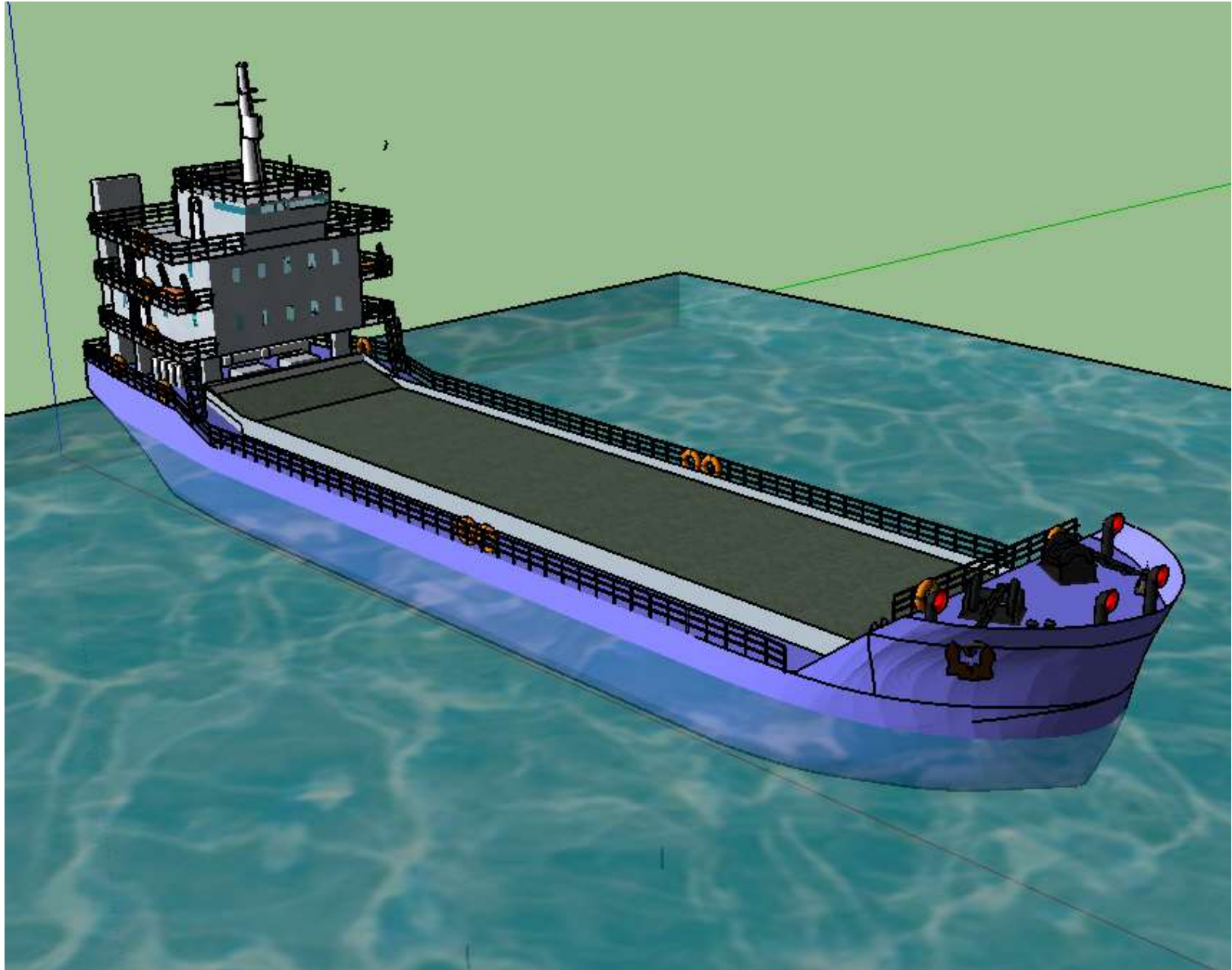
M.V. MAKAN TEMAN

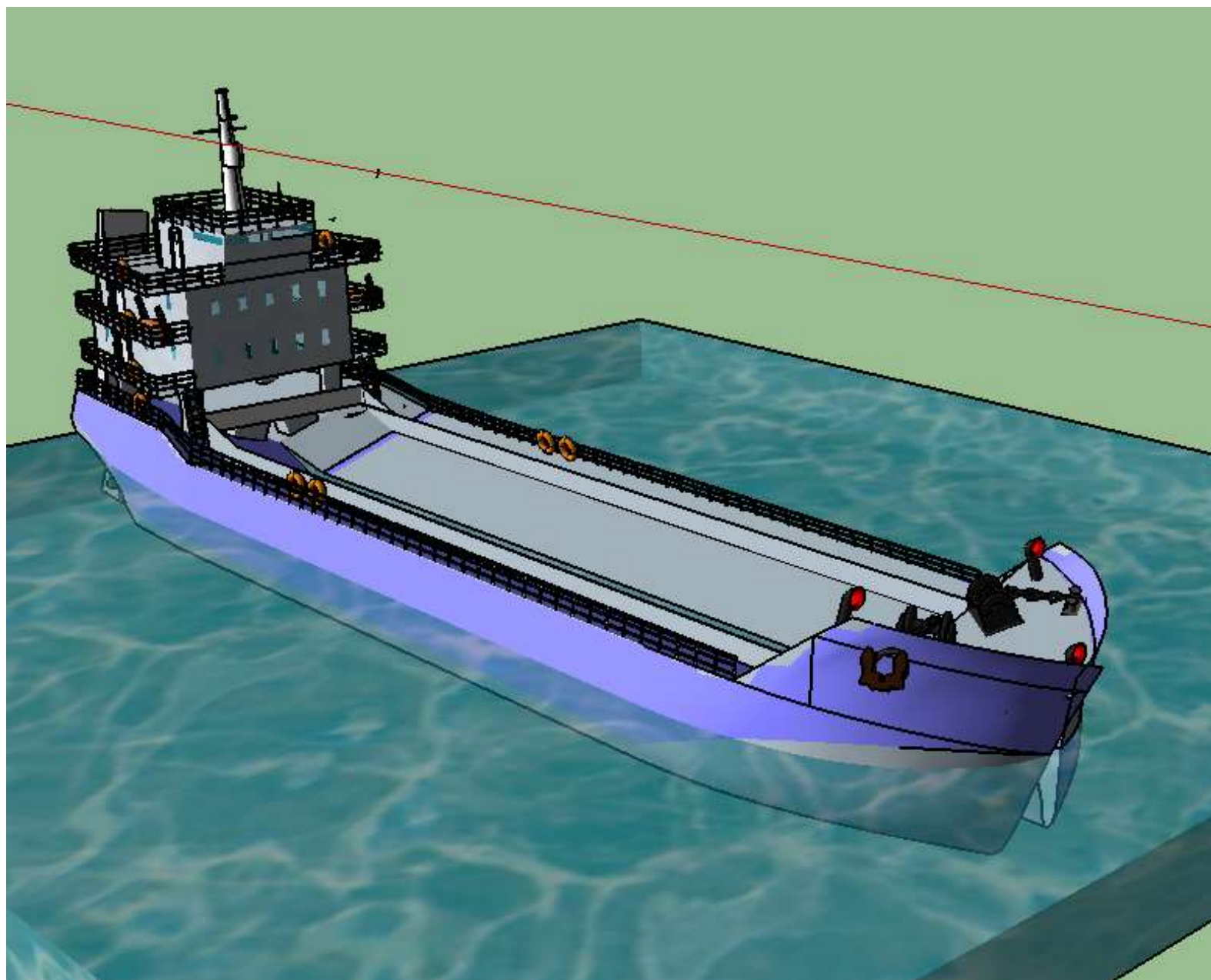
LINE PLAN

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

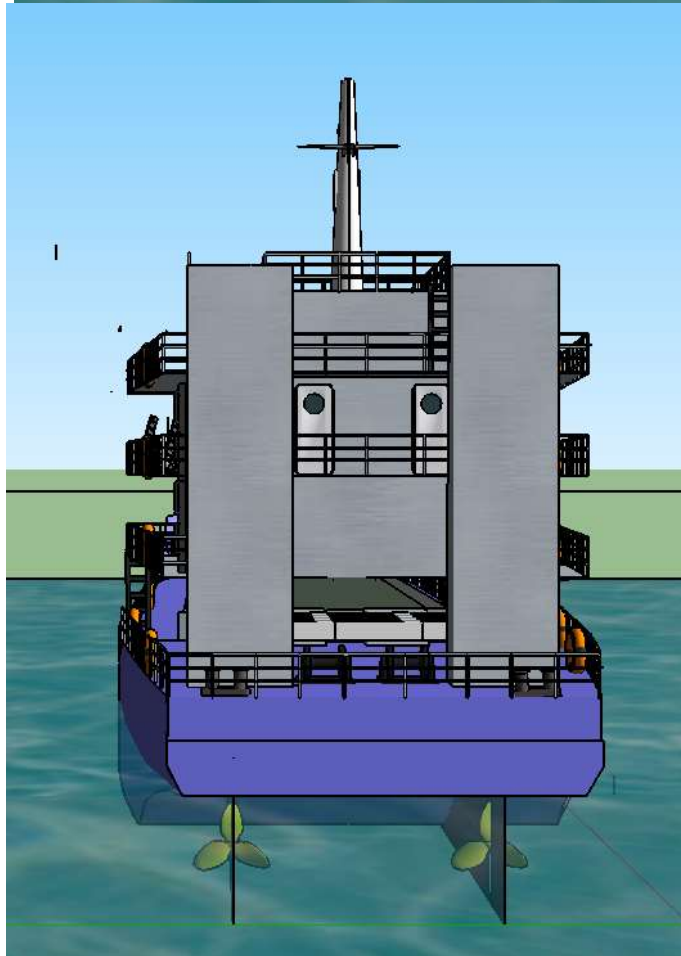
[illegible]

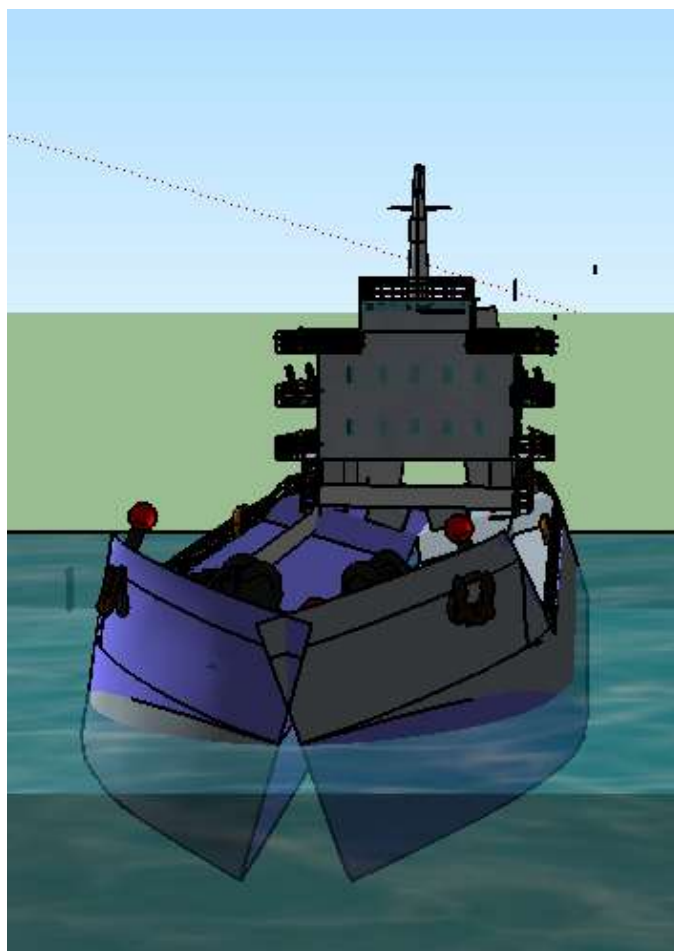
		<div style="background-color: black; width: 100px; height: 1.2em; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="background-color: black; width: 100px; height: 1.2em; margin-bottom: 2px;"></div>	
<div style="background-color: black; width: 100px; height: 1.2em; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="background-color: black; width: 100px; height: 1.2em; margin-bottom: 2px;"></div>		<div style="background-color: black; width: 100px; height: 1.2em; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="background-color: black; width: 100px; height: 1.2em; margin-bottom: 2px;"></div>	
<div style="background-color: black; width: 100px; height: 1.2em; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="background-color: black; width: 100px; height: 1.2em; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="background-color: black; width: 100px; height: 1.2em; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="background-color: black; width: 100px; height: 1.2em; margin-bottom: 2px;"></div>	<div style="background-color: black; width: 100px; height: 1.2em; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="background-color: black; width: 100px; height: 1.2em; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="background-color: black; width: 100px; height: 1.2em; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="background-color: black; width: 100px; height: 1.2em; margin-bottom: 2px;"></div>	<div style="background-color: black; width: 100px; height: 1.2em; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="background-color: black; width: 100px; height: 1.2em; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="background-color: black; width: 100px; height: 1.2em; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="background-color: black; width: 100px; height: 1.2em; margin-bottom: 2px;"></div>	<div style="background-color: black; width: 100px; height: 1.2em; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="background-color: black; width: 100px; height: 1.2em; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="background-color: black; width: 100px; height: 1.2em; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="background-color: black; width: 100px; height: 1.2em; margin-bottom: 2px;"></div>

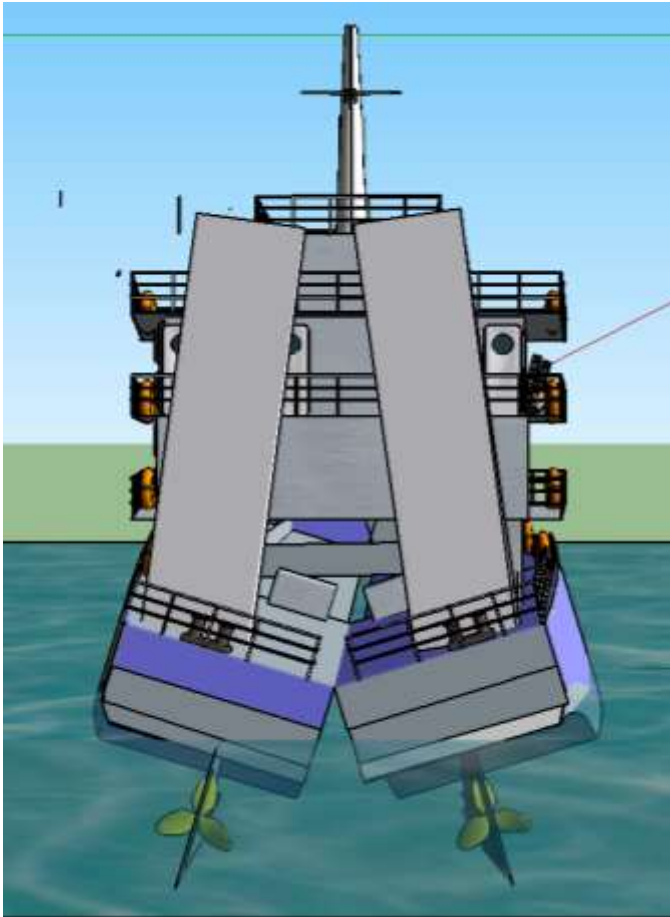




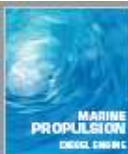








**LAMPIRAN C**  
**KATALOG *MAIN ENGINE*, GENSET DAN *HYDRAULIC***  
***EXCAVATOR***



## 6HA2M-WDT

M-rating 298kW (405mhp)



- 4 valves per cylinder for higher combustion efficiency.
- Turbocharger + intercooler models.
- Available either with marine gear or without marine gear.
- Conform to IMO Tier II emissions regulations.

### Specifications

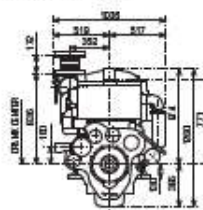
Model	6HA2M-WDT
Number of cylinders	6 in-line
Bore × stroke	mm 130 × 165
Displacement	lit. 13140
Rated output	M: 298/405/1950
Combustion system	Direct injection
Aspiration	Turbocharger + intercooler
Starting system	Electric starting motor (24V 6.0kW)
Cooling system	Heat exchanger
Size of flywheel housing and flywheel	SAE #1 and 14 in.
Dry mass (without marine gear)	kg 1465
Dimensions: L × W × H	mm 1595 × 1036 × 1260

### Marine gear specifications

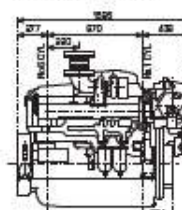
Engine model : 6HA2M-WDT					
Model	YX-120		YX-120L		
Type	Hydraulic multi-disc clutch				
Reduction ratio (Ward)	2.03	2.57	3.04	3.46	4.00 4.59
Direction of rotation (propeller shaft)	Clockwise or counterclockwise				
Dry weight	kg 315				411

### Dimensions Unit:mm

Engine only / Front view



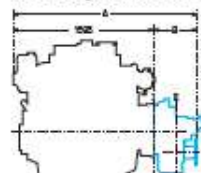
Engine only / Left side view



With YX-120 gearbox / Front view



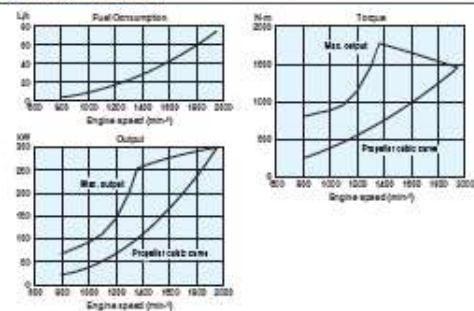
With YX-120 gearbox / Left side view



	A	B	C	D	E	F
6HA2M-WDT × YX-120	2035	420	127.2	1036	519	517
6HA2M-WDT × YX-120L	2039	454	138.4	1036	519	517

— Marine gear

### Performance curves



## MG 90 S-P

SILENCED THREE-PHASE POWER GENERATOR / OUTPUT POWER  
**88 KVA THREE-PHASE AND 29 KVA SINGLE-PHASE /**  
**DIESEL ENGINE 1500 RPM**

<b>Gen Set Features</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ DAS, auto engine protection shutdown system with warning lights in case of: <ul style="list-style-type: none"> <li>- battery charger failure</li> <li>- high coolant temperature</li> <li>- low fuel level</li> <li>- low oil pressure</li> <li>- overspeed</li> </ul> </li> <li>+ Set mounted distribution board with three and single-phase outlets protected by circuit breakers and ELCB</li> <li>+ AMF connector / RC connector</li> <li>+ 12V built-in battery with electric start</li> <li>+ Engine hourmeter</li> <li>+ Fuel level gauge</li> <li>+ Fuel/Water separator</li> <li>+ Emergency STOP button</li> <li>+ Voltmeter with phase to phase selector switch</li> <li>+ Frequencymeter</li> <li>+ Automatic Voltage Regulator (AVR)</li> <li>+ Electronic frequency regulator</li> <li>+ Manual oil sump pump</li> <li>+ Central lifting eye</li> <li>+ Fork-lift pockets</li> </ul>		
<b>Gen Set Options</b> (available as factory options)	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ 60 Hz version</li> <li>+ Versions with different voltages</li> <li>+ Engine water heaters powered by mains 230V - 50 Hz</li> <li>+ Spark arrester muffler</li> <li>+ Long run fuel tank (24h) complete with bunded base</li> <li>+ Separate tank facility c/w quick release couplings</li> </ul>		
<b>Accessories on Request</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Two-wheels site tow undercarriage (GRT2W)</li> <li>+ Bunded base to retain all liquids</li> <li>+ Remote Start/Stop kit by cable (20m)</li> <li>+ AMF/ATS panel for auto start operation</li> </ul>		
<b>Noise Level</b>	+ LWA 97	(72 dB at 7m)	Homologated in accordance with the "Directive 2000/14/EC"
<b>AC Generator 50 Hz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Type synchronous</li> <li>+ Three-phase power (stand by) 88 kVA - 400 V</li> <li>+ Three-phase power (prime) 80 kVA - 400 V</li> <li>+ Single-phase power (max.) 29 kVA - 230 V</li> <li>+ Power Factor 0,8</li> </ul>		
<b>Diesel Engine 1500 rpm</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Type <b>Perkins 1104C-44TAG1</b> - turbocharged - 4 cyl. - 112,2 HP (82,5 kWm) - 4400 cm<sup>3</sup></li> <li>+ Fuel diesel</li> <li>+ Cooling system water</li> <li>+ Starting system electric</li> <li>+ Fuel tank capacity 187 l</li> <li>+ Fuel consumption @ 75% 14,3 l/h</li> </ul>		
<b>Other Features</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Insulation Class H</li> <li>+ Mechanical Protection IP 23</li> <li>+ Dimensions (L x W x H) 2600 x 950 x 1568 mm</li> <li>+ Dry Weight 1406 kg</li> </ul>		

## MG 90 S-P





# 365C L

Hydraulic Excavator



## Engine

Engine Model	Caterpillar® C15 ATAAC	
Net Flywheel Power	302 kW	404 hp

## Weights

Operating Weight – Long Undercarriage	65 960 kg	145,430 lb
---------------------------------------	-----------	------------

- Reach Boom, R3.6 (11'10") stick, 1025 mm (40") Bucket, and 650 mm (26") shoes.

## Drive

Maximum Travel Speed	4.1 kph	2.6 mph
Maximum Drawbar Pull – Long Undercarriage	462 kN	103,767 lb

## Engine

Engine Model	Caterpillar C15 ATAAC	
Net Flywheel Power	302 kW	404 hp
ISO 9249	302 kW	404 hp
SAE J1349	302 kW	404 hp
EEC 80/1269	302 kW	404 hp
Bore	137 mm	5.4 in
Stroke	171 mm	6.75 in
Displacement	15.2 L	928 in <sup>3</sup>

- The 365C L meets worldwide Tier 3 emission requirements.
- Net power advertised is the power available at the flywheel when the engine is equipped with fan, air cleaner, muffler and alternator.
- No engine power derating required below 2300 m (7,500 ft) altitude.

## Weights

Operating Weight – Long Undercarriage	65 960 kg	145,430 lb
---------------------------------------	-----------	------------

- Reach Boom, R3.6 (11'10") stick, 1025 mm (40") Bucket, and 650 mm (26") shoes.

## Operating Specifications

Max Reach at Ground Level	14 m	45.93 ft
Max Digging Depth	9.5 m	31.17 ft

## Track

Standard w/Long Undercarriage	900 mm	36 in
Optional for Long Undercarriage	750 mm	30 in
Optional for Long Undercarriage	650 mm	26 in
Number of Shoes Each Side – Long Undercarriage	47	
Number of Track Rollers Each Side – Long Undercarriage	8	
Number of Carrier Rollers Each Side	3	

## Swing Mechanism

Swing Speed	6.5 RPM	
Swing Torque	204.5 kN·m	150,850 lb·ft

## Drive

Maximum Travel Speed	4.1 kph	2.6 mph
Maximum Drawbar Pull – Long Undercarriage	462 kN	103,767 lb

## Hydraulic System

Main System – Maximum Flow (Total)	800 L/min	212 gal/min
Swing System – Maximum Flow	357 L/min	94 gal/min
Maximum Pressure – Equipment – Normal	32 000 kPa	4,640 psi
Maximum Pressure – Equipment – Heavy Lift	35 000 kPa	5,080 psi
Maximum Pressure – Travel	35 000 kPa	5,080 psi
Maximum Pressure – Swing	28 000 kPa	4,060 psi
Pilot System – Maximum Flow	90 L/min	24 gal/min
Pilot System – Maximum Pressure	4120 kPa	600 psi
Boom Cylinder – Bore	190 mm	7.5 in
Boom Cylinder – Stroke	1792 mm	70.6 in
Stick Cylinder – Bore	200 mm	7.9 in
Stick Cylinder – Stroke	2118 mm	83.4 in
VB Family Bucket Cylinder – Bore	180 mm	7.1 in
VB Family Bucket Cylinder – Stroke	1443 mm	56.8 in
WB Family Bucket Cylinder – Bore	200 mm	7.9 in
WB Family Bucket Cylinder – Stroke	1457 mm	57.4 in

## Service Refill Capacities

Fuel Tank Capacity	800 L	211 gal
Cooling System	95 L	25 gal
Engine Oil	54 L	14.3 gal
Swing Drive (each)	12 L	3.2 gal
Final Drive (each)	15 L	4 gal
Hydraulic System (including tank)	670 L	177 gal
Hydraulic Tank	310 L	82 gal



## Sound Performance

Performance	ANSI/SAE J1186 OCT98
<ul style="list-style-type: none"><li>When properly installed and maintained, the cab offered by Caterpillar, when tested with doors and windows closed according to ANSI/SAE J1186 OCT98, meets OSHA and MSHA requirements for operator sound exposure limits in effect at time of manufacture.</li><li>Hearing protection may be needed when operating with an open operator station and cab (when not properly maintained or doors/windows open) for extended periods or in a noisy environment.</li></ul>	

## Standards

Brakes	SAE J1026 APR90
Cab/FOGS	SAE J1350 FEB88 ISO10262

**LAMPIRAN D**  
**BERITA TENTANG BANDARA TERAPUNG KABUPATEN**  
**BULELENG, BALI**



**BADAN PENGAWASAN KEUANGAN DAN PEMBANGUNAN  
PERWAKILAN PROVINSI BALI**

Jalan Kapten Tantular, Denpasar 80235  
Telepon: (0361) 246772, Faksimile: (0361) 246771  
E-mail: bali@bpkp.go.id



**RENCANA STRATEGIS  
BADAN PENGAWASAN KEUANGAN DAN PEMBANGUNAN  
PERWAKILAN PROVINSI BALI  
2015 – 2019**

**LAMPIRAN  
KEPUTUSAN KEPALA PERWAKILAN BPKP PROVINSI BALI  
NOMOR 215 TAHUN 2015  
TANGGAL 27 APRIL 2015**

Permasalahan yang terkait dengan bidang pariwisata di Provinsi Bali adalah:

- Adanya Biro Perjalanan Wisata (BPW) ilegal yang disebabkan ditutupnya ijin BPW.
- Adanya pramuwisata ilegal yang disebabkan pengelola objek wisata kurang koperatif.
- Indikasi penurunan lama tinggal wisatawan mancanegara, penurunan rata rata pengeluaran wisman per orang/perhari, rata rata tingkat hunian hotel wisman. Hal ini karena pariwisata sangat rentan terhadap berbagai isu seperti isu politik, keamanan, kesehatan dan lain-lain baik disebabkan faktor internal maupun eksternal
- Pertumbuhan sektor pariwisata yang pesat dibandingkan dengan persediaan air tanah yang terpusat di Bali Selatan akan cenderung terjadi penurunan muka air tanah akibat pengambilan yang berlebihan
- Konflik dan pelanggaran pemanfaatan lahan terjadi pada akhir-akhir ini terutama yang terkait dengan ruang yang diperuntukkan bagi masyarakat banyak (public). Diantaranya adalah konflik pemanfaatan lahan Loloan, konflik pemanfaatan ruang terbuka hijau, konflik pemanfaatan ruang pesisir/pantai. Masyarakat memanfaatkan ruang tersebut untuk berbagai kepentingan yang telah berjalan secara turun temurun, sedangkan investor memanfaatkan untuk fasilitas pariwisata. Hal ini mengindikasikan bahwa terjadi kerancuan pemanfaatan ruang yang diklaim masyarakat dan investor
- Isu strategis lainnya yang perlu mendapat perhatian serius adalah tentang keamanan di Bali. Pada tahun-tahun mendatang diperkirakan akan banyak terjadi kegiatan bersifat internasional maupun nasional yang dilaksanakan di Bali. Seperti diketahui bahwa keamanan merupakan isu yang sangat sensitif bagi perkembangan pariwisata.

Selain hal tersebut di atas terdapat kegiatan strategis nasional menengah nasional berupa proyek strategis di wilayah Bali yang perlu mendapat pengawalan, yakni:

NO	KEGIATAN STRATEGIS JANGKA MENENGAH NASIONAL
<b>PERKERETAAPIAN DIPERUNTUKKAN BAGI PENGANGKUTAN PENUMPANG DAN BARANG</b>	
1	Pembangunan KA Bandara Ngurah Rai- Denpasar - Mengwi
<b>PERHUBUNGAN DARAT</b>	
1	Pengembangan Sistem Transit dan Semi BRT Kota Denpasar*

<b>PERHUBUNGAN UDARA</b>	
1	Pembangunan Bandara Bali Utara
<b>PERHUBUNGAN LAUT</b>	
1	Pengerukan alur di Pelabuhan Benoa
2	Pengembangan Pelabuhan Celukan Bawang di Kab Buleleng
3	Pengembangan Pelabuhan pariwisata/cruise Tanah ampo
4	Pembangunan Pelabuhan Toya Pakeh Nusa Penida
<b>JALAN</b>	
1	Pembangunan Jalan Antasari - Seririt
2	Pembangunan Jalan Mengwitani-Singaraja
3	Pembangunan Jalan P . Nusa Penida
4	Pembangunan Jalan Penulisan - Blandingan (4 Km)
5	Pembangunan Jalan Kintamani – Danau Batur
6	Pembangunan Flyover Ngurah Rai
7	Pembangunan Jalan Sp. Tohpati - Pantai Siut
8	Pembangunan Jalan Pantai -Siut – Kusamba
9	Pembangunan Jalan Denpasar – Tuban
10	Pembangunan Jalan Antosari - Bts. Kota Tabanan
11	Pembangunan Jalan Sp. Ngurah Rai
<b>ASDP</b>	
1	Pengembangan Dermaga Penyeberangan Singaraja
2	Pengembangan Dermaga Penyeberangan Gilimanuk 3
3	Pengembangan Dermaga Penyeberangan Padang Bai 4
4	Pembangunan Dermaga di Danau Beratan
5	Pembangunan tanggul pengamanan Dermaga Pelabuhan Gunaksa
<b>KETENAGALISTRIKAN</b>	
1	PLTU Bali Utara/Celukan Bawang 130 MW
2	PLTG Pesanggaran 50 MW
<b>TELEKOMUNIKASI DAN INFORMATIKA</b>	
1	Pembangunan Serat Optik antar seluruh kabupaten/kota
2	Pengembangan transmisi penyiaran TVRI
<b>SUMBER DAYA AIR</b>	
1	Pembangunan Waduk Titab Kab. Buleleng
2	Bali Beach Conservation Program Phase II
<b>PENDIDIKAN</b>	
1	Pengadaan Guru Agama Hindu di Sekolah
<b>KESEHATAN</b>	
1	Pengembangan RS Indera (alkes)
2	Pengembangan RS Provinsi,Pengembangan RSUD sebanyak 9 RS, Pengembangan RS Pratama sebanyak 3 RS

[HOME](#) [BISNIS](#) [ANALISA BISNIS](#)

## Airport Kinesis Siap Bangun Bandara Baru di Buleleng Bali

JUM'AT, 27 MEI 2016 | 23:44 WIB



REUTERS/Alex Domanski

**TEMPO.CO, Jakarta** - Airports Kinesis, salah satu konsultan bandara di Bali utara asal Kanada, siap merealisasikan pembangunan bandara baru di Kecamatan Kubutambahan, Kabupaten Buleleng, Provinsi Bali.

I Made Mangku, perwakilan Airports Kinesis, menegaskan pihaknya sudah mendapatkan komitmen investor dari Korea Selatan yang siap mendanai pembangunan bandara yang diperkirakan membutuhkan investasi mencapai Rp50 triliun. "Bahkan, kalau diizinkan kami siap *groundbreaking* yang tanggalnya disiapkan 28 Agustus untuk menunjukkan keseriusan kami," tuturnya, Kamis (26 Mei 2016).

Lokasi Kubutambahan dipilih karena dari tujuh lokasi yang ditawarkan kepada Kemenhub, daerah ini memiliki skor paling tinggi. Airports Kinesis memastikan



lokasi bandara tidak akan berada di daratan, melainkan seluruhnya berada di lautan.

Rencananya, total lahan yang dibutuhkan seluas 1.400 hektare (ha), di mana 264 ha di antaranya merupakan lahan reklamasi, sedangkan sisanya memanfaatkan tiang pancang. Mangku menuturkan hanya 264 ha lahan direklamasi karena kedalaman lautnya sekitar 30 m, sedangkan lahan sisanya murni di atas laut yang tidak memungkinkan reklamasi karena kedalamannya mencapai 500 m.

Dia menegaskan landas pacu untuk bandara itu akan dibuat dua, dengan panjang masing-masing mencapai 3.600 m sehingga bisa melayani pesawat berbadan lebar. Adapun, kapasitas terminal penumpang mampu menampung sebanyak 2.700 orang per hari.

Untuk pasokan energi, Mangku menuturkan akan dibangun pembangkit listrik (*power plant*) bertenaga arus laut dengan kapasitas listrik mencapai 34 MW. Untuk ementara kebutuhan bahan baku air akan menggunakan air laut yang didesalinasi menjadi air tawar. Bandara tersebut rencananya juga dilengkapi kereta listrik untuk menghubungkan penumpang dari terminal ke terminal.

Selain itu, di bandara itu akan dilengkapi juga dengan kawasan pendukung untuk perdagangan, akomodasi wisata, hingga dermaga marina serta dermaga khusus bagi nelayan sekitar. Mangku menegaskan keberadaan bandara ini tidak hanya memecah kepadatan di Bali selatan. "Orientasi tidak saja pariwisata, tetapi hal lain seperti ekspor barang setengah jadi yang bahan bakunya dari daerah lain. Kalau selama ini ke sini macet, nanti barang setengah jadi dikumpulkan di bandara ini untuk diekspor," jelasnya.

Sampai saat ini, pihaknya sudah melakukan prastudi kelayakan, serta melapor kepada Gubernur Bali, dan Kementerian Perhubungan. Margono, salah satu mitra pendanaan dari Airports Kinesis, mengungkapkan sudah ada komitmen dari salah satu bank besar di Korea Selatan dengan skema pinjaman.

Adapun pelaksana proyek yang siap membangun adalah Daewoo dan Hyundai. Keduanya sangat berminat ikut berperan di proyek bandara Bali utara, karena

sempat urung terlibat pada pembangunan bandara di Juanda, Sidoarjo.

Margono menekankan pembangunan bandara ini tidak akan memanfaatkan dana dari APBD Bali, dan APBN yang diyakini bakal lama. Selain itu, pihaknya memaklumi minimnya kekuatan dana bersumber dari kas daerah. "Untuk itu kami siap membantu pelaksanaan sampai selesai dengan sistem BOT 35 tahun ataupun bisa diperpanjang. Saya minta bantuan dari pemda bantu perizinan sekaligus perbankan yang ditunjuk pelaksana bandara ini," jelas Margono yang juga petinggi di PT Amarta Nusantara Energi itu.

Trade Commisioner Kedubes Kanada Tommy Ruslim menambahkan investor dari Kanada sangat serius menggarap bandara Bali utara. Bahkan, lanjutnya, timnya juga sudah bekerja lapis demi lapis dan per sektor agar dapat mencapai hasil semaksimal mungkin. "Kami juga siap bekerja sama dengan pihak-pihak lain untuk menggarap bandara ini," tuturnya.

Sementara itu, Gubernur Bali Made Mangku Pastika mengharapkan investor serius dan lebih cepat mewujudkan bandara Bali utara. Dia mengakui sudah banyak pihak menyatakan ketertarikan, tetapi yang ada progres adalah Airports Kinesis. Secara khusus pihaknya memuji konsep *green airport* yang diusung investor.

Dia juga sudah mengeluarkan surat rekomendasi kepada investor untuk melanjutkan tahapan berikutnya. Sayangnya, surat rekomendasi dari Bupati Buleleng justru belum turun sehingga sangat disayangkan.

Mantan Kapolda Bali itu menegaskan proses pembangunan bandara masih sangat panjang, karena ada sekitar tiga tahap perizinan. Tahap pertama izin lokasi setelah itu studi, kemudian amdal dan baru turun izin pelaksanaan.

Bahkan setelah pelaksanaan dimulai, izin operasionalnya juga sangat panjang. Karena itu, katanya, sangat diharapkan bantuan Buleleng mengeluarkan surat rekomendasi. "Nah itu, kenapa rekomendasi dari Buleleng belum kenapa alasannya. Jadi kami harapkan bupati Buleleng apa sih pertimbangannya, rekomendasi saja bukan izin," tegasnya.



Pastika menekankan bandara itu akan menyeimbangkan antara kawasan Bali utara dan selatan. Saat ini, kondisi Pulau Dewata seperti kapal miring karena selatan menanggung beban lebih besar.

Akibat kepadatan Bandara Ngurah Rai memunculkan banyak keluhan akibat lamanya pesawat berputar-putar. Namun di sisi lain, masih banyak maskapai yang meminta slot penerbangan langsung ke Bali. Pastika mengaku mendengar hal tersebut dari Presiden Joko Widodo langsung. "Beliau, bilang setiap keluar negeri selalu ditanya slot *direct flight*. Pak Wapres juga," tekannya.

[BISNIS.COM](#)

---

## Berita Terkait

Bandara Internasional Dibangun di Selatan Malang Mulai 2019

Angkasa Pura Siapkan Rp 8 Triliun untuk Bandara Kulon Progo

Mudik Lebaran, Bandara Sampit Tambah Frekuensi Penerbangan

Sesepuh Puri Denpasar Ikut Berdemo Tolak Reklamasi Benoa

Penumpang Salah Terminal, Bandara Ini Tak Mau Kecolongan

---

## Komentar

---

## Topik

#Bandar Udara | Bandara | Airport

#Pemerintah Provinsi Bali

---

## Foto Terkait



Begini Wajah Terminal 3 Ultimate Bandara Soekarno-Hatta



## Properti / Konstruksi

# Bali Bangun Bandara Internasional Baru di Buleleng

Kompas.com - 26/03/2011, 21:41 WIB

**SINGARAJA, KOMPAS.com** — Gubernur Bali Made Mangku Pastika menegaskan rencana pembangunan bandara internasional di Buleleng beserta sarana penunjangnya, yaitu jalan tol, untuk menyeimbangkan pembangunan di wilayah utara itu. "Jika pembangunan tidak merata, akan terjadi kesenjangan yang bisa menimbulkan kecemburuan dan berpotensi menyebabkan keresahan sosial," katanya di Singaraja, Sabtu.

Hal itu disampaikan Gubernur di hadapan sejumlah anggota DPRD dan pimpinan SKPD Provinsi Bali serta Kabupaten Buleleng dalam *simakrama* atau temu wicara dengan tokoh masyarakat, pemuka agama, para kepala desa, serta *kelian* desa adat setempat. Menurut Mangku Pastika, rencana pembangunan bandara internasional dan jalan tol dari Kuta, Kabupaten Badung-Soka, Kabupaten Tabanan, hingga tembus Seririt, Buleleng, perancangannya sudah rampung dan tinggal dilaksanakan.

"Tanpa megaprojek seperti bandara dan sarana jalan yang memadai, Buleleng tidak akan maju, baik dari sisi ekonomi maupun kehidupan masyarakatnya," kata Mangku Pastika yang berasal dari Buleleng. Oleh karena itu, Pemprov Bali telah menyepakati untuk mengarahkan pembangunan sektor pariwisata ke Buleleng dan wilayah timur, sekitar Kabupaten Karangasem yang juga belum seimbang dibandingkan kawasan selatan sekitar Denpasar.

Pada kegiatan tersebut, Mangku Pastika juga didampingi Wakil Gubernur AA Ngurah Puspayoga, Wakil Bupati Buleleng Made Arga Pynatih, dan pimpinan Komisi DPRD Bali, seperti Agus Suradnyana, Kariasa Adnyana, dan Tutik. Agus Suradnyana, yang juga asal Buleleng, juga menyampaikan bahwa dari tujuh prioritas pembangunan di Bali, salah satunya adalah rencana pembangunan bandara internasional di Buleleng yang sudah dikoordinasikan dengan Badan Perencanaan Pembangunan Nasional.

## TERPOPULER

- 1 Dua Minggu Lagi, Bunga KPR 5 Persen Bakal Diluncurkan  
Dibaca 4.635 kali
- 2 Gubernur Sumut Dipanggil Menko Maritim, Jelaskan Soal Danau Toba  
Dibaca 1.895 kali
- 3 Hari Ini, Presiden Dijadwalkan Cek Proyek Tol Pekanbaru-Dumai  
Dibaca 1.611 kali
- 4 "Forest City" China Mampu Produksi 900 Ton Oksigen Per Tahun  
Dibaca 1.606 kali
- 5 Meski Properti Lesu, Investor Asing Tetap Gencar Masuk Indonesia  
Dibaca 1.587 kali

## NOW TRENDING

[HOME](#) [NASIONAL](#) [NUSA](#)

## 30 Juta Kubik Pasir Laut Lombok untuk Reklamasi Teluk Benoa

JUM'AT, 29 APRIL 2016 | 17:33 WIB



Ratusan masa menaiki perahu dengan membawa spanduk dan poster menolak reklamasi atau revitalisasi Teluk Benoa di Teluk Benoa, Bali, 28 Februari 2016. Sebanyak 18 desa adat Bali dari beberapa lokasi berkumpul di Teluk Benoa dan menutup jalan Tol Bali Mandara menuju Bandara Internasional Ngurah Rai. Johannes P. Christo

**TEMPO.CO, Mataram** - Pemerintah Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB) menyiapkan 30 juta kubik pasir laut di perairan Pulau Lombok untuk kebutuhan reklamasi teluk Benoa, Bali. Selain dari perairan Sekotong, Kabupaten Lombok Barat, pasir didatangkan dari perairan Selat Alas, Kabupaten Lombok Timur.

"NTB memberikan pasir laut karena merupakan kepentingan nasional. Ada peraturan presiden (perpres). Kalau dinilai bermasalah, ya, dicabut saja perpresnya," kata Kepala Dinas Pertambangan dan Energi NTB M. Husni kepada *Tempo*, Jumat, 29 April 2016.

Menurut Husni, selain perpres, Menteri Kelautan dan Perikanan Susi Pudjiastuti



menerbitkan surat persetujuan penambangan pasir laut tersebut. Husni semula menduga Susi berbicara lain. "Semula saya pikir Ibu Susi akan kencang (menolak), ternyata tidak," ucapnya.

Sesuai dengan analisis mengenai dampak lingkungan (amdal), kata Husni, penambangan pasir laut ini sudah dinyatakan memenuhi kelayakan. Itu sebabnya, Pemerintah Provinsi NTB menerbitkan izin.

Husni menjelaskan, potensi pasir Lombok Barat sebesar 60 juta kubik. Tapi yang diizinkan hanya 10 juta kubik. Sudah ada kelayakan administrasi, teknis, finansial, dan lingkungan. Bukan hanya eksploitasi. Sewaktu dilakukan eksplorasi, pemerintah juga diminta memperhatikan dampak lingkungan. "Intinya, kami selalu minta perusahaan memenuhi persyaratan regulasi," ucapnya.

Husni mengatakan, jika pasir laut di Lombok Barat tidak layak digunakan untuk reklamasi, walaupun sudah dilakukan uji teknis, keseluruhan kebutuhan pasir laut sebanyak 30 juta kubik diambil dari Selat Alas. Lokasi pengambilannya sekitar 2 mil laut atau sekitar 5 kilometer dari pantai. Ia memperhitungkan pajak daerah yang didapat dari penambangan pasir laut itu, yakni Rp 15-20 ribu per kubik.

Sebelumnya, Kepala Badan Koordinasi Penanaman Modal dan Pelayanan Terpadu NTB Ridwan Syah menjelaskan, izin penambangan pasir laut di perairan Sekotong, Lombok Barat, diberikan kepada PT Timur Sukses Bersama. Pasir yang ditambang sebanyak 10 juta kubik pada area seluas 1.000 hektare. "Sejak bulan lalu, izin produksinya sudah dikeluarkan," katanya kepada *Tempo*, Rabu, 27 April 2016.

Izin penambangan pasir laut di Selat Alas, yang diajukan PT Dinamika Atria Raya, belum diterbitkan. Perusahaan itu akan menambang 10 juta kubik pada area seluas 1.000 hektare. "Masih dalam pembahasan amdal-nya," kadarnya.

**SUPRIYANTHO KHAFID**

Jakarta Bandung Bogor Jogja Solo Semarang Surabaya Malang Bali Aceh Medan Pekanbaru Batam Jambi Palembang Bangka Lampung Kot

## Bandara Buleleng Bakal Terapung di Atas Laut

Jumat, 27 Mei 2016 10:33 WIB



## Background

Bandara ini juga akan dibangun akomodasi pendukung seperti hotel, akomodasi wisata, dan perdagangan.

"Dari 1.400 Ha lahan itu nanti akan dibangun pengembangan airport city seluas 200 Ha, ini untuk kepentingan perdagangan, fasilitas akomodasi wisata, hotel, dan hal-hal lain," jelasnya.

Pembangunan bandara ini terdiri dari airport, power plan, runway dengan terminal, dan marina cruise.

Bandara baru ini akan mengusung konsep Green Airport sehingga untuk power plan (pembangkit listrik) akan memanfaatkan energi dari arus laut, solar cell, dan geothermal dengan kapasitas 35 Mega Watt.

"Untuk power plan tidak memakai batubara atau polusi tinggi. Kami pakai arus, solar cell, geothermal. Power plan dapat menghasilkan energi listrik 35 MW per hari, yang mana 30 MW akan digunakan untuk operasional bandara, 2 MW untuk cadangan, serta 3 MW untuk masyarakat," ujarnya.

Menurutnya, bandara baru ini nantinya memiliki daya tampung 3 kali lebih besar dibandingkan Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai dengan berkapasitas 2.700.000 orang per hari.

Terkait dengan pembiayaan, pembangunan bandara baru ini diperkirakan akan menelan Rp 50 triliun.

Margono dari PT Amarta Nusantara Energi mengatakan, pihaknya akan melibatkan penyedia dana dari Korea dengan sistem Build Operate and Transfer (BOT) selama 35 tahun.

"Pelaksananya dari Korea, kami nanti tim pelaksana. Kami siap untuk membangun pelaksanaan dengan sistem BOT. Sumber keuangan dari Bank Korea dan kami menunjuk bank-bank daerah, nanti kami yang akan menjamin," katanya.

← Halaman sebelumnya

Halaman **1** 2 [Tampilkan semua](#)

Tags  [Bandara Buleleng](#) [Bali](#) [I Made Mangku Pastika](#)

Baca Juga

[Kisah Penumpang Batik Air Melahirkan Di Kabin Pesawat Jelang Mendarat Di Bali](#)

[Kronologi Penumpang Batik Air Melahirkan di Kabin Pesawat Jelang Mendarat di Bandara Ngurah Rai](#)

[51 Kali Gangguan Listrik di Jembrana, Paling Banyak Disebabkan Layang-layang](#)

[Komang Wilantara Korupsi Raskin Ratusan Juta Rupiah, Uangnya untuk Main Judi](#)

[Moegan Oey Belum Kepikiran Liburan ke Luar Negeri](#)

Editor: Dewi Agustina  
Sumber: Tribun Bali

Ikuti kami di     

Video Pilihan: [Sambil Pura-pura Tidur, Wanita Rekam Aksi Pria Raba-raba Tubuhnya saat Naik Bus](#)



Menyingskap Berita Tanpa Dibutup Tutupi



Jangan Sia-siakan hidup Anda!!

Hub: 0852 5349 4669 atau 0361-7417569

	Dre@ming Group	Foto Display	Contact Us	News	Celebrity	Kursus	Health	Wilayah	
--	----------------	--------------	------------	------	-----------	--------	--------	---------	--

Beranda

Type and Enter

n  
a  
tai

03 July 2017  
Benarkah Politik Itu  
"Seni Tipu  
Menipu"? Golkar  
Cari Tandem SGB,  
Bangli Usung KBS-  
Ace



01 July 2017  
Resmi Buka  
Pendataan Cagub  
Bali PDIP Bentuk  
Tim Nawa Sanga,  
Cok Ace Daftar



30 June 2017  
Agar Tak Berpaling,  
Rai Mantra Di  
"Kontrak Politik"  
Gerindra, PDIP  
Terbitkan SK



29 June 2017  
Rai Mantra Masu  
Inventarisasi 4  
Kandidat Cagub  
Mega, Demokrat  
Kaji Dampingi Si

Home » BIBU , Buleleng , Ekonomi , Kubutambahan , Pastika » Peletakan Batu Pertama 28-8-2017, Bandara Apung Buleleng Tercanggih Di Dunia

## Peletakan Batu Pertama 28-8-2017, Bandara Apung Buleleng Tercanggih Di Dunia

Written By Dre@ming Post on Kamis, 13 April 2017 | 9:15:00 AM

Like Share

6.1k people like this. Be the first of your friends.



Made Mangku bersama (kiri) tim dari PT BIBU Panji Sakti saat bertemu Gubernur Pastika di Denpasar, Rabu (12/4)

**DENPASAR** - Groundbreaking Bandara Internasional Bali Utara dijadwal 28 Agustus 2017. Bandara Internasional Bali Utara (BIBU) Panji Sakti bakal menjadi bandara terapung pertama di Indonesia dan paling canggih se-dunia. Groundbreaking (peletakan batu pertama) bandara di tengah laut yang dirancang dibangun di wilayah Desa/Kecamatan Kubutambahan, Buleleng ini dijadwalkan akan dilakukan 28 Agustus 2017 mendatang.

Rencana ini disampaikan Presiden Direktur PT BIBU Panji Sakti (perwakilan dari investor Airport Kinensis Consulting Kanada), Dr Made Mangku, sesuai bertemu Gubernur Bali Made Mangku Pastika di Kantor Gubernur, Niti Mandala Denpasar, Rabu (13/4), untuk melaporkan progres terakhir proyek bandara terapung. Made Mangku menyebutkan, sebelum menghadap Gubernur Pastika, pihaknya sudah bertemu Dirjen Perhubungan Udara Kementerian Perhubungan (Kemenhub) dan Menteri Perhubungan, sepekan lalu, untuk menjelaskan agenda yang telah dijalankan PT BIBU Panji Sakti.

"Kami diminta untuk menjelaskan apa-apa yang menjadi agenda dan telah dikerjakan. Saat itu, kami mengatakan tinggal menunggu kepastian dari menteri kapan penentuan lokasi bandara diturunkan," papar Made Mangku. Saat pertemuan itu, lanjut dia, pihak Kemenhub menyampaikan persyaratan penentuan lokasi yang diajukan PT BIBU Panji Sakti sudah sesuai dengan Peraturan Menteri Nomor 20 Tahun 2014 tentang Tata Cara dan Prosedur Penetapan Lokasi Bandar Udara. Persyaratan yang diajukan pun dianggap sudah lengkap. "Artinya, tidak perlu diperbaiki lagi," katanya.

Dengan sudah dipenuhinya persyaratan tersebut, pihak PT BIBU Panji Sakti kini tinggal menunggu turunnya surat resmi dari Kemenhub tentang penentuan lokasi pembangunan bandara terapung yang diperkirakan menelan dana Rp 50 triliun ini. "Bahkan, hari ini (kemarin) tim dari Kemenhub didampingi tim teknis dari Dinas Perhubungan Provinsi Bali kembali mengecek ke lokasi. Nah, hasil dari lapangan nanti akan dilaporkan lagi ke Kemenhub untuk dikaji kembali, apakah ada yang perlu disempurnakan atau tidak," tandas tokoh asal Sanur, Denpasar Selatan yang juga dikenal sebagai pembina olahraga layar ini.

Menurut Made Mangku, jika semua berjalan lancar dan sesuai schedule termasuk penentuan lokasi turun dari Kemenhub bulan ini, maka groundbreaking pembangunan bandara terapung akan dilakukan 28 Agustus 2017 mendatang. "Mudah-mudahan semuanya dilancarkan. Saat groundbreaking nanti, kita juga berharap Bapak Presiden bisa hadir," ujarnya.

Disebutkan, konsep bandara terapung hingga kini tidak ada perubahan yang signifikan. Hanya ada beberapa yang perlu lebih disempurnakan lagi, seperti menyangkut nelayan di pesisir. "Mereka



(nelayan) akan kita akomodir sebaik mungkin dengan menyiapkan beberapa alternatif, agar bisa beraktivitas. Contohnya, nanti kita sediakan tempat penambatan perahu, budidaya berskala besar. Kita juga siapkan tempat BBM agar mereka bisa melaut," papar Made Mangku.

Menurut Made Mangku, bandara yang dirancang di Kubutambahan ini merupakan bandara terapung pertama di Indonesia dan sekaligus sebagai bandara tercanggih di dunia. Bandara ini dibangun bertingkat dua di tengah laut, dengan pembangunan menggunakan tiang pancang dan perluasan daratan. Bandara terapung ini akan menggunakan hidrolik untuk menyesuaikan dengan pasang surut lautan.

"Era sekarang, bandara ini yang tercanggih di dunia. Di Kansai, Jepang ada yang mirip, tapi belum menggunakan teknologi hidrolik. Selain itu, juga memakai konstruksi. Kalau kami menggunakan platform," jelas Made Mangku. "Pembangunan bandara ini nantinya dilengkapi aero city dan marina, serta sarana kereta bagi penumpang yang masuk bandara tersebut," lanjut pegiat lingkungan hidup ini.

Nantinya, bandara terapung ini dilengkapi kereta listrik tanpa awak bagi penumpang dari parkir menuju terminal. Menurut Made Mangku, bandara terapung ini harus menggunakan dan menghasilkan energi terbarukan untuk kebutuhan air yang akan melalui proses penyulingan air laut menjadi air bersih. "Untuk listrik, kita butuh 50 MW. Dari jumlah itu, 37 MW untuk kepentingan bandara, sisanya untuk kepentingan masyarakat. Begitu juga dengan air, kita berikan untuk masyarakat," katanya.

Proyek bandara terapung ini secara keseluruhan membutuhkan lahan seluas 2.150 hektare, yang terdiri dari pembangkit listrik (power plant) seluas 150 hektare, aero city 600 hektare, runway dan terminal 1.400 hektare. Nantinya, akan ada juga kota pendidikan, mall, dan hotel. Selain itu, PT Jasa Marga Tbk juga akan membangun tol dari utara ke selatan.

Sementara untuk perpanjangan daratan, kata Made Mangku, membutuhkan material seperti pasir batu yang akan diambil dari Karangasem. Sedangkan untuk boulder akan diambil alternatif dari Banyuwangi (Jawa Timur), Situbondo (Jawa Timur), Pasuruan (Jawa Timur), Lombok (NTB), Sumbawa (NTB), dan Sulawesi. Sedangkan untuk pasir putih dipastikan akan diambil dari Lombok, sementara untuk landscape tanah subur diambil dari Jember.

Pembangunan bandara terapung di Desa/Kecamatan Kubutambahan ini diperkirakan membutuhkan dana sebesar Rp 50 triliun. Dana sebesar itu akan dihimpun oleh Airport Kinensis Consulting (AKC), investor dari Kanada. Dana terbesar dialokasikan untuk pembangunan airport, dua runway (landasan pacu), dan terminal sebesar Rp 12 triliun. Runway yang dibangun masing-masing sepanjang 3.600 meter.

"Dua runway itu membutuhkan lahan seluas 800 hektare yang terapung di laut. Untuk perpanjangan daratan diperkirakan menghabiskan dana Rp 6 triliun," jelas Made Mangku seraya menargetkan pembangunan bandara terapung yang jadi kebanggaan masyarakat Bali dan Indonesia ini bakal rampung pada 2025 setelah pengerjaan selama 8 tahun.

Ungasan.com  
sumber : NusaBali

Share this article :

#### Related articles

- Bandara Terapung Buleleng Rp 50 T, Hanya Tunggu Penentuan Lokasi Kemenhub
- Penyakit Misterius Ini Sudah Memakan Korban
- Akanlah Ada Pemecatan?, Dedengkot PDIP Buleleng Terbelah
- Kena Cemooh Pakailah Seksi, Ketua Waris Angkat Bicara
- Paus Mati, Potisi Datangi Lokasi Telah Terpotong-Potong
- Pelaku Diperiksa Identitas, Korban Penyebaran Kakak Masih Dirawat

Label: BIBU, Buleleng, Ekonomi, Kubutambahan, Pasika

Posting Lebih Baru

Beranda

Posting Lama



## BIODATA PENULIS



Aditya Permana Putra, itulah nama lengkap penulis. Dilahirkan di Jakarta pada 30 Mei 1995 silam, Penulis merupakan anak kedua dalam keluarga. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat dasar pada TK Nurul Iman, kemudian melanjutkan ke SDN 02 Setu Jakarta, SMPN 81 Jakarta dan SMAN 62 Jakarta. Setelah lulus SMA, Penulis diterima di Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS pada tahun 2013 melalui jalur SNMPTN undangan.

Di Departemen Teknik Perkapalan Penulis mengambil Bidang Studi Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal. Selama masa studi di ITS, selain kuliah Penulis juga pernah menjadi *staff* Departemen Kewirausahaan Himatekpal ITS 2014/2015 serta *steering committee* Departemen PSD Himatekpal 2011/2012.

Penulis tercatat pernah menjadi *grader* untuk mata kuliah AutoCad

Email: [aditpp88@gmail.com](mailto:aditpp88@gmail.com)/ [aditya13@mhs.na.its.ac.id](mailto:aditya13@mhs.na.its.ac.id)